

**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETĂRI APLICATIVE
ÎN AGRICULTURĂ ȘI MEDICINĂ VETERINARĂ**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 631.81:631.45:633.1(478)(043.3)

CIOCHINA VITALIE

**OPTIMIZAREA NUTRIȚIEI MINERALE A GRÂULUI DE TOAMNĂ
ÎN ASOLAMENT DE CÂMP PE CERNOZIOM CARBONATIC ÎN ZONA
DE SUD A REPUBLICII MOLDOVA**

411.03 – AGROCHIMIE

Teză de doctor în științe agricole

Conducător științific:

Lungu Vasile, doctor în științe agricole,
conferențiar cercetător

Autor:

Ciochina Vitalie

CHIȘINĂU, 2025

© Ciochina Vitalie, 2025

CUPRINS

ADNOTARE	5
АННОТАЦИЯ	6
ANNOTATION.....	7
LISTA TABELELOR	8
LISTA FIGURILOR	9
LISTA ABREVIERILOR.....	10
INTRODUCERE	11
1. ACȚIUNEA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA STĂRII AGROCHIMICE A CERNOZIOMULUI CARBONATIC ÎN ASOLAMENT DE CÂMP ȘI PRODUCTIVITATEA GRÂULUI DE TOAMNĂ.....	19
1.1. Importanța economică a îngrășămintelor minerale	19
1.2. Rolul elementelor nutritive și al regimului de umiditate asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziom carbonatic	25
1.2.1. Humusul	25
1.2.2. Azotul și nitrații.....	28
1.2.3. Fosforul mobil.....	31
1.2.4. Potasiul.....	32
1.2.5. Influența îngrășămintelor minerale asupra umidității solului.....	34
1.3. Influența îngrășămintelor minerale asupra recoltei și a calității grâului de toamnă.....	36
1.4. Concluzii la capitolul 1.....	45
2. CONDIȚIILE ȘI METODELE DE CERCETARE.....	46
2.1. Elementele principale ale experienței.....	46
2.2. Metodele de control al fertilității solului și plantelor	47
2.3. Condițiile meteorologice în perioada efectuării experienței.....	48
2.3.1. Caracteristicile fizico-chimice ale cernoziomului carbonatic	57
2.4. Concluzii la capitolul 2.....	59
3. DINAMICA ACUMULĂRII MATERIEI ORGANICE ȘI A ELEMENTELOR NUTRITIVE LA GRÂUL DE TOAMNĂ.....	60
3.1. Acumularea materiei organice de către grâul de toamnă în funcție de nivelele de fertilizare	60
3.2. Conținutul de azot, fosfor și potasiu în partea valorificabilă a grâului de toamnă în funcție de dozele de administrare a îngrășămintelor minerale.....	68
3.3. Exportul și consumul elementelor nutritive la formarea recoltei	73
3.4. Concluzii la capitolul 3.....	79
4. INFLUENȚA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA VALORIFICĂRII UMIDITĂȚII ȘI A REGIMULUI NUTRITIV AL SOLULUI.....	80
4.1. Dinamica rezervelor de apă productivă	80
4.2. Dinamica conținutului de humus	87
4.3. Monitoringul conținutului de azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil	91

4.3.1. Azotul nitric.....	91
4.3.2. Fosforul mobil.....	94
4.3.3. Potasiul schimbabil.....	97
4.4. Concluzii la capitolul 4.....	100
5. INFLUENȚA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII GRÂULUI DE TOAMNĂ PE CERNOZIOM CARBONATIC.....	101
5.1. Recolta și calitatea grâului de toamnă la aplicarea îngrășămintelor minerale.....	101
5.2. Concluzii la capitolul 5.....	114
6. EFICACITATEA ECONOMICĂ ȘI ENERGETICĂ A ADMINISTRĂRII ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE	115
6.1. Eficacitatea economică.....	115
6.2. Eficacitatea energetică.....	119
6.3. Concluzii la capitolul 6.....	130
CONCLUZII GENERALE.....	131
RECOMANDĂRI PRACTICE	132
BIBLIOGRAFIE	133
ANEXE	151
Anexa 1. Schema generală a experienței	151
Anexa 2. Schema experienței, variantelor și planul amplasării câmpurilor	152
Anexa 3. Caracteristicile meteorologice în anii agricoli 2014–2018.....	153
Anexa 4. Dinamica masei vegetale verzi și uscate în fazele fenologice (înfrățire, ieșirea în pai, înspicare, înflorire, lapte-ceară, maturitate deplină)	168
Anexa 5. Conținutul, corelația și regresia liniară a azotului, fosforului și potasiului total în organele grâului de toamnă.....	170
Anexa 6. Consumul și exportul elementelor nutritive la cultivarea grâului de toamnă în perioada ontogenetică	176
Anexa 7. Parametrii statistici ai rezervelor de umiditate productivă și ai indicilor agrochimici (humus, azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil)	183
Anexa 8. Productivitatea grâului de toamnă, parametrii statistici, indicii de corelație și ecuațiile de regresie la fertilizarea cu îngrășămintă minerale.....	208
Anexa 9. Eficacitatea economică a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”, în zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anilor agricoli 2014–2018	220
Anexa 10. Eficacitatea energetică a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă în zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anilor agricoli 2014–2018	223
Anexa 11. Fotografii generale, fotocopie a brevetului de invenție, certificate confirmative de participare la manifestări științifice naționale și internaționale	229
Anexa 12. Act de implementare	239
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	240
CURRICULUM VITAE	241

ADNOTARE

Ciochina Vitalie. „Optimizarea nutriției minerale a grâului de toamnă în asolament de câmp pe cernoziom carbonatic în zona de sud a Republicii Moldova”, teză de doctor în științe agricole, Chișinău, 2025

Structura tezei: introducere, 6 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 209 titluri, 12 anexe, 122 de pagini de text de bază, 6 figuri, 24 de tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 14 lucrări științifice și 1 brevet de invenție.

Cuvinte-cheie: asolament de câmp, cernoziom carbonatic, diagnoză vegetală, grâu de toamnă, indici agrochimici, îngrășăminte minerale, masă vegetală verde, masă uscată, nivel de nutriție, productivitate, regim nutritiv.

Domeniu de studiu: 411.03 – Agrochimie.

Scopul lucrării: Cercetarea potențialului nivelelor de nutriție minerală a solului asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziom carbonatic în condițiile pedoclimatice specifice zonei de sud a Republicii Moldova.

Obiectivele cercetării: Studiarea procesului de acumulare a masei uscate a grâului de toamnă în diferite faze de dezvoltare; optimizarea regimurilor nutritive prin crearea diferitelor nivele de nutriție minerală; crearea unui model strict cantitativ de utilizare a îngrășămintelor minerale; reglarea nutriției cu azot prin diagnoza complexă sol-plantă; evaluarea economică și energetică la aplicarea îngrășămintelor minerale pe cernoziom carbonatic.

Noutatea și originalitatea științifică: Pentru prima dată, în condițiile semiaride din sudul Republicii Moldova, a fost studiată optimizarea nutriției minerale la grâul de toamnă, prin formarea diferitelor nivele de nutriție, folosind în acest scop atât fertilitatea naturală, cât și aplicarea îngrășămintelor. În condițiile pedoclimatice din sudul țării s-au obținut rezultate noi referitoare la starea regimului nutritiv în funcție de fertilizarea solului cu diferite doze de azot pe diverse fonduri de fosfor mobil în sol.

Problema științifică soluționată: Stabilirea nivelului optim de nutriție minerală pentru obținerea recoltelor performante la grâul de toamnă în condițiile de stepă ale zonei de sud a Republicii Moldova.

Semnificația teoretică: Rezultatele obținute reflectă: importanța primordială a îngrășămintelor minerale în optimizarea nutriției minerale a plantelor; sinteza elementelor nutritive în organele vegetative; bioacumularea fitomasei în funcție de condițiile pedoclimatice; recolta și calitatea grâului de toamnă. Datele prezentate vor servi ca material științific în literatura de specialitate la capitolul „Optimizarea nutriției minerale la cultura grâului de toamnă”.

Valoarea aplicativă a lucrării: Investigațiile efectuate au contribuit la perfecționarea sistemelor de fertilizare a grâului de toamnă în asolament, în condiții de secetă frecventă din zona de sud a Republicii Moldova.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele au fost incluse ca material științific la editarea lucrării practice „Recomandări privind optimizarea regimurilor nutritive ale solurilor și aplicarea îngrășămintelor la culturile de câmp”, (Chișinău: Lexon-Prim, 2021, pp. 7-57). La fel, rezultatele pot fi utilizate în scop consultativ de către gospodăriile cu profil agricol, în scopuri științifice, și în instituții de învățământ superior ca material didactico-educțional.

АННОТАЦИЯ

Чокина Виталий. „Оптимизация минерального питания озимой пшеницы в полевом севообороте на карбонатном черноземе в южной зоне Республики Молдова”
Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, Кишинёв, 2025

Структура диссертации: введение, 6 глав, общие выводы и рекомендации, 209 наименований библиографии, 12 приложений, 122 страниц основного текста, 6 рисунков, 24 таблицы. Полученные результаты опубликованы в 14 научных работах и 1 патент.

Ключевые слова: Полевой севооборот, карбонатный чернозем, диагностика растений, озимая пшеница, агрохимические показатели, минеральные удобрения, зеленая масса растений, сухая масса, уровень питания, урожайность, режим питания.

Область исследования: 411.03 – Агрохимия.

Цель работы: Исследование потенциала уровней минерального питания почвы на продуктивность озимой пшеницы на карбонатном черноземе в почвенно-климатических условиях, характерных для южной зоны Республики Молдова.

Задачи исследования: Изучение процесса накопления сухой массы озимой пшеницы в разные фазы развития; оптимизация режимов питания путем создания различных уровней минерального питания; создание строго количественной модели применения минеральных удобрений; изучение процессов регулирования азотного питания путем комплексной почвенно-растительной диагностики; экономическая и энергетическая оценка внесения минеральных удобрений на карбонатном черноземе.

Научная новизна и оригинальность: Впервые в полузасушливых условиях юга Республики Молдова изучена оптимизация минерального питания озимой пшеницы путем формирования различных уровней питания, как с использованием естественного плодородия, так и с использованием удобрений. В почвенно-климатических условиях юга страны получены новые результаты относительно состояния режима питания в зависимости от уровней удобрения почвы разными дозами азота при различном содержании подвижного фосфора в почве.

Решение научной задачи: Установление оптимального уровня минерального питания для получения высокопродуктивных урожаев озимой пшеницы в степных условиях юга Республики Молдова.

Теоретическая значимость: Полученные результаты отражают: первостепенное значение минеральных удобрений в оптимизации минерального питания озимой пшеницы; синтез питательных веществ в вегетативных органах; биоаккумуляцию фитомассы в зависимости от почвенно-климатических условий; урожайность и качество озимой пшеницы. Представленные данные послужат научным материалом в специализированной литературе в разделе «Оптимизация минерального питания при возделывании озимой пшеницы».

Практическое значение работы: Проведенные исследования способствовали совершенствованию систем удобрения озимой пшеницы в севообороте, в условиях частой засухи на юге Республики Молдова.

Внедрение научных результатов: Результаты включены в качестве научного материала для «Рекомендации по оптимизации режимов питания почв и внесения удобрений под полевые культуры» (Кишинев: Lexon-Prim, 2021, с. 7-57). Результаты могут быть использованы также в консультационных целях фермерами, в научных целях, для высших учебных заведений в качестве учебно-методического и образовательного материала.

ANNOTATION

**Ciochina Vitalie. „Optimization of mineral nutrition of winter wheat in field rotation on carbonate chernozem in the southern zone of the Republic of Moldova”,
PhD thesis in agricultural sciences, Chisinau, 2025**

Structure of the thesis: introduction, 6 chapters, general conclusions and recommendations, 209 titles of bibliography, 12 annexes, 122 pages of basic text, 6 figures, 24 tables. The results obtained are published in 14 scientific papers and 1 patent.

Key words: field rotation, carbonatic chernozem, plant diagnosis, winter wheat, agrochemical indices, mineral fertilizers, green plant mass, dry mass, nutrition level, productivity, nutritional regime.

Field of study: 411.03 – Agrochemistry.

Purpose of the work: Research on the potential of soil mineral nutrition levels on winter wheat productivity on carbonatic chernozem under the pedoclimatic conditions specific to the southern area of the Republic of Moldova.

Research objectives: Studying the process of dry mass accumulation of winter wheat in different development phases; optimizing nutritional regimes by creating different levels of mineral nutrition; creating a strictly quantitative model of mineral fertilizer use; studying the processes of regulating nitrogen nutrition through complex soil-plant diagnosis; economic and energy evaluation of the mineral fertilizers application on the carbonatic chernozem.

Scientific novelty and originality: For the first time in the semi-arid conditions of the southern Republic of Moldova, the optimization of mineral nutrition in winter wheat was studied, by forming different levels of nutrition, using both natural fertility and the application of fertilizers. In the pedoclimatic conditions of the southern part of the country, new results were obtained regarding the state of the nutritional regime depending on soil fertilization with different doses of nitrogen on various levels of mobile phosphorus in the soil.

Solved scientific problem: Establishing the optimal level of mineral nutrition for obtaining high-performance winter wheat yields in the steppe conditions of the southern part of the Republic of Moldova.

Theoretical significance: The results obtained reflect: the primary importance of mineral fertilizers in optimizing the mineral nutrition of plants; synthesis of nutrients in vegetative organs; bioaccumulation of phytomass depending on pedoclimatic conditions; yield and quality of winter wheat. The data presented will serve as scientific material in the specialized literature in the chapter "Optimization of mineral nutrition in winter wheat cultivation".

Applicative value of the work: The investigations conducted contributed to the improvement of winter wheat fertilization systems in rotation, in conditions of frequent drought in the southern part of the Republic of Moldova.

Implementation of scientific results: The results were included as scientific material in the editing of the practical work "Recommendations on the optimization of soil nutrient regimes and the application of fertilizers to field crops" (Chisinau: Lexon-Prim, 2021, pp. 7-57). The results can also be used for advisory purposes by agricultural households, for scientific purposes, and in higher education institutions as teaching and methodical material.

LISTA TABELELOR

2.1. Schema experienței.....	46
2.2. Depunerile atmosferice în anii agricoli 2014–2018	50
2.3. Temperatura aerului în anii agricoli 2014–2018	50
2.4. Indicatorii agrofizici ai cernoziomului carbonatic.....	57
2.5. Caracteristica însușirilor chimice ale cernoziomului carbonatic luto-argilos (s. Grigorievca, r. Căușeni).....	58
3.1. Influența fertilizării asupra biometriei grâului de toamnă. Valorile medii în anii 2014–2018	61
3.2. Dinamica acumulării masei verzi a 100 de plante de grâu în diferite faze de dezvoltare. Valorile medii ale anilor 2014–2018	63
3.3. Dinamica acumulării masei substanței uscate a 100 de plante pe faze de dezvoltare. Valorile medii ale anilor 2014–2018	64
3.4. Dependența cantitativă, corelativă, factorială dintre recolta grâului de toamnă (Y, t/ha boabe) și producția de masă vegetală a grâului de toamnă (X, g/100 plante), calculată după datele medii ale anilor 2014–2018	67
3.5. Exportul și consumul mediu de elemente nutritive la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	77
4.1. Clasificarea rezervelor de apă productivă în sol.....	80
4.2. Rezervele de apă productivă medii la grâul de toamnă în stratul 0-100 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018, mm.....	86
4.3. Dinamica conținutului și rezervelor de humus medii pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	90
4.4. Rezervele de azot nitric medii în stratul 0-100 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018, kg/ha.....	92
4.5. Dinamica conținutului și rezervelor de fosfor mobil medii în stratul 0-40 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	97
4.6. Dinamica conținutului și rezervelor de potasiu schimbabil medii în stratul 0-40 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	98
5.1. Recolta și sporul de recoltă ale grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	104
5.2. Indicii de calitate ai grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	108
5.3. Indicii calitativi medii ai boabelor grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018.....	110
5.4. Influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018	111
6.1. Eficacitatea economică comparativă a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic.....	119
6.2. Eficacitatea energetică la fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășămintă minerale pe cernoziomul carbonatic pe fond K ₆₀ în anii agricoli 2014–2018	126
6.3. Eficacitatea energetică la cultura grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018	129
6.4. Indicatorii eficacității energetice medii la cultura grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018	129

LISTA FIGURILOR

2.1. Climograma anilor agricoli 2014–2018, conform stației meteorologice Căușeni.....	52
2.2. Cinetica precipitațiilor și evaporabilității în anii agricoli 2014–2018 la stația meteorologică Căușeni.....	54
3.1. Producția de masă vegetală uscată la grâul de toamnă, faza de maturitate deplină, pe fond NP fertilizat cu doza K ₆₀ pe cernoziomul carbonatic.....	66
3.2. Influența îngrășămintelor asupra dinamicii conținutului total de azot, fosfor și potasiu în plantele de grâu.....	70
3.3. Diferențierea raportului elementelor nutritive absorbite de plantele grâului de toamnă, soiul „Sorrail”, în fazele fenologice: 0 – răsărire; 1 – înfrățire; 2 – ieșire în pai; 3 – înspicare; 4 – înflorire; 5 – lapte-ceară; 6 – maturitate deplină.....	72
6.1. Eficacitatea economică a fertilizării minerale a grâului de toamnă pe fond K ₆₀ la variantele: N ₁₂₀ P _{1,5} (38)K ₆₀ , N ₁₂₀ P _{2,5} (87)K ₆₀ , N ₀ (44)P _{3,5} (193) K ₆₀ , N ₆₀ P _{3,5} (178) K ₆₀ , N ₁₂₀ P _{3,5} (187) K ₆₀ , N ₁₈₀ P _{3,5} (188) K ₆₀ pe cernoziomul carbonatic din zona de sud a Republicii Moldova în anii agricoli 2014–2018	117

LISTA ABREVIERILOR

CHT – coeficient hidrotermic	mg/100 g de sol – miligrame la 100 de grame de sol
°C – grade Celsius	m. sub. usc. – masa substanței uscate
CSE – consumul specific de energie în producția principală	MMB – masa a 1.000 de boabe
CV – coeficient de variație	MH – masa hectolitrică
Conținut de NO₃ – conținut de nitrați	MJ – megajouli
DL₀₅ – diferența-limită	m – metru (i)
fig. – figura (ă)	m.p. – metri pătrați
g – gram (e)	mm – milimetru (i)
g/l – grame la 1 litru	mg P₂O₅/100 g de sol – miligrame de fosfor mobil la 100 de grame de sol
H – humus	mg K₂O/100 g de sol – miligrame de potasiu schimbabil la 100 de grame de sol
ha – hectar (e)	mg K₂O/kg de sol – miligrame de potasiu schimbabil la 1 kilogram de sol
IDG – indicele de deformare a glutenului	N – azot
IPAPS „N. Dîmo” – Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „N. Dîmo”	N_{total} – azot total
ICCC „Selecția” – Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”	N_{min} – azot mineral
K – potasiu	N-NO₃ – azot nitric
K_{total} – potasiu total	P – fosfor
K₂O – oxid de potasiu	P_{total} – fosfor total
Kj – kilojouli	P₂O₅ – pentaoxid de fosfor
kg/ha – kilograme la 1 hectar	RAP – rezerva de apă productivă
kg N/ha – kilograme de azot la 1 hectar	s.f./ha – substanță fizică la 1 hectar

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei abordate. Culturile cerealiere ocupă în lume 35% per total din terenurile arabile [176, p. 13-37]. Actualmente suprafața mondială cultivată cu grâu este de 221,5 milioane de hectare [116]. Fondul funciar global constituie circa 16.000.000 de hectare. Din păcate, aceste terenuri se degradează prin utilizarea tehnologiilor ce provoacă eroziunea hidrică și eoliană, absorbția nutrienților, pierderi de materie organică etc. În general, sănătatea solului se înrăutățește în toate țările, indiferent de nivelul de dezvoltare economică. Cercetările insuficiente în agricultură duc la epuizarea solului, reducând cantitatea de nutrienți din sol prin scăderea producției agricole. Rotația culturilor în sistemele de cultură diminuează impactul negativ față de monocultură asupra solurilor prin îmbunătățirea calității, a ciclului nutrienților și conservarea biodiversității [197].

Cu toate că solul este considerat resursă naturală regenerabilă, odată cu recolta se exportă cantități mari de macro- și micronutrienți, de aceea compensarea deficitului creat se poate efectua din contul fertilizanților. În plan mondial, recolta medie a grâului de toamnă în anul agricol 1997–1998 a fost de 2.624 kg/ha. În unele țări ale Uniunii Europene recolta medie a constituit: Franța – 7.603 kg/ha, România – 2.561 kg/ha, Bulgaria – 2.805 kg/ha, Polonia – 3.624 kg/ha, Ungaria – 4.183 kg/ha. Diferențierea specifică se datorează consumului de îngrășăminte, precum și altor factori [44].

Structura culturilor agricole pe terenurile arabile ale Republicii Moldova indică faptul că circa 30% revin porumbului pentru boabe, grâului de toamnă și de primăvară – 23%, florii-soarelui – 18%, iar leguminoaselor – până la 2% din total [16].

Suprafața totală a fondului funciar în anul 2018 a constituit circa 3.384,6 mii ha, inclusiv 2.449,6 mii ha sau 73,9% terenuri agricole. Din analiza datelor pe cincinale în perioada 1995–2019, s-a observat tendința de reducere a nivelului recoltei grâului de toamnă. În intervalul anilor 2015–2019, recolta medie pe republică a fost cea mai ridicată: 3.250 kg/ha boabe de pe suprafața totală de 355,6 mii ha, cu o recoltă globală record de circa 1 mld. 155 mil. kg [17].

Academicianul S. Toma (1999), citând pe academicianul I. Dicusar [89], a reafirmat obligativitatea aplicării îngrășămintelor în baza unui sistem științific, cu cunoașterea particularităților fiziologice și biochimice ale plantelor ce ar garanta o productivitate înaltă, și o sporire semnificativă a fertilității solului.

Indicele de bază al fertilității solului, – humusul – reprezintă un depozit de macro- și microelemente, și o sursă de energie pentru microorganisme. Humusul din sol este alcătuit din humusul format prin humificarea resturilor vegetale și humusul format prin humificarea

îngrășămintelor organice [21, p. 5-8; 91]. Importanța humusului constă în acumularea de elemente nutritive, fermenți, antibiotice, vitamine, în formarea structurii solului ce asigură un regim aerohidric optim. Funcțiile de bază ale humusului sunt: influența asupra genezei și morfologiei solului, asigurarea în permanență cu elemente nutritive a plantelor cu macroelemente, cum ar fi: N, P, K, Ca, S, Mg, micro- și ultramicroelemente [205, p. 63-79].

Studiile din perioada 1965–1997 la stațiunile experimentale pe cernoziom levigat, sol cenușiu de pădure în zona centrală și cernoziom carbonatic în sud, indică o diminuare a conținutului de humus în stratul arabil, de la 2,8% în 1965 până la 2,3% în 1997; pe sol cenușiu de pădure, cernoziom levigat de la 3,9% până la 3,2% și pe cernoziom carbonatic de la 3,8% până la 3,2% [4, p. 24-26]. În urma cercetărilor asupra experiențelor de câmp de lungă durată s-a stabilit că azotul accesibil plantelor se formează prin mineralizarea humusului, și că 1% de humus asigură 24 kg N/ha. Astfel, în 1990 conținutul de humus alcătuia 3,1% sau 74 kg/ha în țară și 2,8% sau 67 kg N/ha în zona de sud [78, p. 13-21].

Sunt cunoscute trei tipuri de degradări chimice ale elementelor nutritive primare. Primul tip – degradarea azotică sau „denitrificarea” – reprezintă reducerea nitraților și nitriților din sol. S-a stabilit că cel mai mic conținut de azot este în cernoziomul carbonatic, în paralel se observă scăderea bruscă în adâncime pe profil a conținutului de humus. Pentru comparație: în 1897 în stratul de sol 0-30 cm cantitatea de azot a fost de 10 t/ha, în 1990 s-a micșorat cu 50%, iar, conform prognozei, în 2025 constituie 4 t/ha. Rezervele de azot pot fi suplinite doar prin aplicarea îngrășămintelor minerale cu respectarea asolamentelor. Al doilea tip – degradarea fosforică sau „defosforizarea” – în ultimii 40 de ani a determinat un deficit de 1.000 kg de fosfor. Necesarul de fosfor la grâul de toamnă se poate compensa rapid prin aportul îngrășămintelor minerale și al resturilor vegetale. Al treilea tip – degradarea potasică sau „depotasificarea” – este slab manifestat. În anul 2005 deficitul de potasiu a fost de minus 200 kg/ha [134].

Ațiunea pozitivă a îngrășămintelor cu azot asupra cerealelor se cunoaște încă din anul 1893, în special la recoltă. Chimizarea intensivă în perioada 1970–1990 în agricultura Moldovei a rezultat în aplicarea cantităților considerabile de îngrășămintă organice și minerale. Studiile agrochimice multianuale au stabilit că pentru formarea a 1.000 kg de boabe grâul de toamnă extrage din sol cantități mari de elemente nutritive: N – 33 kg, P_2O_5 – 12 kg și 24 kg de K_2O [9].

S-a constatat că azotul din îngrășămintă se utilizează intensiv de culturile cerealiere în perioada vegetației active până la interfaza înspicare-înflorire. Prin intermediul diagnozei vegetale operative putem analiza țesutul ce are ca scop determinarea gradului de asigurare cu azot și fosfor a plantelor pe parcursul vegetației. Doza de azot calculată prin diagnoza operativă a grâului de toamnă în zona de silvostepă și stepă se determină după cantitatea de azot nitric și amoniacal în

stratul de sol 0-60 cm. Suplimentar, în stratul de sol 0-30 cm se determină capacitatea de nitrificare și gradul de asigurare cu fosfați mobili în sol. Pentru utilizarea rațională și eficientă a îngrășămintelor fosforice trebuie cunoscută legătura dintre fosforul mobil și eficacitatea îngrășămintelor cu fosfor. Aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu potasiu contribuie la majorarea conținutului de potasiu schimbabil în stratul arabil, precum și în cel subarabil [121; 169, p. 202-203]. În privința eficacității îngrășămintelor, studiile arată că la aplicarea fosforului la lucrarea de bază a solului recolta s-a majorat cu 310 kg/ha, în combinație cu azot recolta a sporit până la 580 kg/ha. Administrarea azotului a mărit recolta puțin peste 20 kg/ha. Fertilizarea cu potasiu a fost inefficientă, însă cu NP recolta a crescut cu 680 kg/ha față de martor – 2.130 kg/ha boabe [18, p. 83-86]. Drept urmare, nivelul recoltelor la grâul de toamnă depinde de starea nutrițională a solului și de asigurarea cu elemente nutritive [81, p. 34-41].

Se știe că cernoziomurile carbonatice ocupă o suprafață de 654 de mii ha, sau circa 19,38% din teritoriul țării. Au o răspândire largă pe culmi și la poalele depresiunilor în stepa de sud. În cernoziomurile carbonatice arabile se atestă în permanență deficit de umiditate, cu consum înalt la evapotranspirație [165, p. 83-87]. Cercetările efectuate în anii 1962–1968 la stațiunile tehnico-științifice ale IPAPS „N. Dîmo” de către A. Atamaniuk [99] au stabilit că rezervele de umiditate depind de tipul de sol, cernoziomul carbonatic fiind foarte slab asigurat cu umiditate productivă.

Pentru obținerea recoltelor înalte și de calitate, trebuie reglată nutriția prin cunoașterea proceselor de sinteză a biomasei și acumularea elementelor nutritive în funcție de fazele dezvoltării grâului de toamnă [112, p. 68-79]. Teoria nutriției minerale și a reîntoarcerii elementelor nutritive în sol după recoltare contribuie la determinarea necesarului de elemente nutritive diferențiat la culturile agricole. Însă prin cercetări s-a stabilit că nivelul recoltei depinde și de interacțiunea climei, solului, însușirilor biologice ale plantelor, agrotehnicii, asolament etc. Toți acești factori influențează dinamica elementelor nutritive. Drept urmare, cantitatea medie de substanțe nutritive extrase din solurile României pentru grâul de toamnă la o recoltă de paie de 5.000 kg/ha constituie: N – 25 kg, P₂O₅ – 10 kg, K₂O – 45 kg, de semințe – 2.500 kg/ha – se consumă N – 60 kg, P₂O₅ – 38 kg, K₂O – 65 kg. Prin studierea compoziției chimice a plantelor de grâu se poate determina raportul aproximativ al necesarului de elemente nutritive în diferite faze de creștere și dezvoltare [42, p. 252-259].

Este stabilit la grâul de toamnă că consumul de elemente nutritive crește de la faza de înfrățire până la lapte. Perioada critică pentru recoltă o reprezintă intervalul semănat – ieșirea în pai. Pentru sporirea productivității grâului de toamnă și asigurarea cu recolte înalte se monitorizează starea agrochimică a solului. Procedeele principale de asigurare cu elemente

nutritive a culturii, sunt cartarea agrochimică și diagnoza vegetală operativă. Este esențial de cunoscut și exportul elementelor cu recolta [6].

Din analiza datelor generalizate privind eficacitatea economică la aplicarea îngrășămintelor minerale pe cernoziomul carbonatic cu și fără fertilizare în diferite doze, s-a constatat că cheltuielile pe fiecare tip de sol se răscumpără diferit, dozele mici au cea mai înaltă rentabilitate, de 90-160%. Însă dozele înalte majorează și cheltuielile [152, p. 32].

Eficacitatea energetică în agricultură se determină prin indicii energetici. Majorarea recoltei culturilor agricole conduce la creșterea cheltuielilor energetice la o unitate de producție prin utilizarea tehnologiilor intensive. Cercetările laborioase permit să se evidențieze dozele de îngrășăminte minerale cele mai eficiente energetic. Indicele de bază al eficacității energetice este coeficientul bioenergetic, sau de reîntoarcere a energiei, care indică acțiunea directă a dozelor de îngrășăminte [135, p. 350-359].

Creșterea productivității grâului de toamnă constituie o problemă la nivel național. Cu toate că în Republica Moldova sunt omologate soiuri noi cu potențial genetic înalt, recolta și calitatea acestei culturi se află în continuă scădere. Producția medie pe țară în ultima perioadă constituie 2.400-2.600 kg/ha, din care 80-85% din producția obținută conțin 14-17% de gluten în boabe. Factorul principal în obținerea recoltelor înalte și de calitate ale grâului de toamnă este nutriția minerală, iar factorul de bază în optimizarea nutriției minerale îl reprezintă îngrășămintele minerale, care, în doze optime, majorează producția cu 1.500-2.000 kg/ha, iar conținutul de gluten în boabe crește până la 22-26%. La ora actuală, starea fertilității efective a solurilor s-a înrăutățit considerabil din cauza că în ultimii 25 de ani doza de îngrășăminte minerale în medie nu depășește 30 kg/ha, iar cota culturilor leguminoase s-a micșorat de 4-5 ori [3; 16].

Formarea regimului nutritiv optim prin nutriția minerală adecvată a plantelor de grâu contribuie la minimalizarea impactului secetei datorită utilizării eficiente a rezervelor de apă acumulate în sol, ca rezultat, productivitatea crește. Prin optimizarea nutriției minerale a grâului de toamnă și a regimului nutritiv, pe cernoziomul carbonatic se pot obține producții maxime în anii favorabili după cantitatea de precipitații și pot fi evitate scăderi catastrofale în anii secetoși [13, p. 51-54].

Scopul lucrării: Cercetarea potențialului nivelelor de nutriție minerală a solului asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziom carbonatic în condițiile pedoclimatice specifice zonei de sud a Republicii Moldova.

Obiectivele cercetării: Studierea procesului de acumulare a masei uscate a grâului de toamnă în diferite faze de dezvoltare; optimizarea regimurilor nutritive prin crearea diferitelor nivele de nutriție minerală; crearea unui model strict cantitativ de utilizare a îngrășămintelor

minerale; reglarea nutriției cu azot prin diagnoza complexă sol-plantă; evaluarea economică și energetică a aplicării îngrășămintelor minerale pe cernoziom carbonatic.

Ipoteza de cercetare: Experimentarea posibilității de optimizare a nutriției minerale prin care să fie majorată productivitatea grâului de toamnă și reduse cheltuielile pentru administrarea îngrășămintelor.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare selectate.

Cercetările agrochimice, pedologice și biologice s-au efectuat la Stațiunea Experimentală pentru Pedologie și Agrochimie din satul Grigorievca, raionul Căușeni, pe cernoziom carbonatic din zona de sud a țării. Câmpul experimental selectat corespunde condițiilor pedoclimatice, geomorfologice și hidrogeologice specifice zonei de sud. Suprafața câmpului este textural omogenă, iar învelișul de sol este reprezentat de un singur pedotop. Pentru monitoringul stării efective a fertilității solului s-a luat în considerare efectuarea analizelor fizico-chimice care au avut drept scop evaluarea rezervelor de apă productivă, a conținutului de azot nitric, a stării humice, fosfatice și potasice a solului. Analizele solului au permis aprecierea rezervelor de apă productivă în trei faze fenologice pentru determinarea consumului de apă din sol. Conținutul de azot nitric a fost stabilit pentru cunoașterea rezervelor de azot nitric de la desprăvărare până la recoltare. Conținutul de fosfor mobil s-a determinat, din cauză că fosforul, datorită prezenței carbonatului de calciu, are o mobilitate foarte scăzută, ceea ce este necesar la stabilirea nivelului lui în sol. Conținutul de potasiu s-a utilizat la determinarea potasiului schimbabil în sol, iar conținutul de humus s-a evaluat pentru a înțelege influența îngrășămintelor minerale asupra fertilității potențiale.

Analiza plantelor de grâu de toamnă privind conținutul de azot, fosfor și potasiu total a servit la cunoașterea procesului de absorbție și biosinteză. Măsurările biometrice s-au efectuat pentru a cunoaște structura recoltei, dinamica acumulării producțiilor de masă verde și uscată ale părții aeriene a plantei, numărul de spice productive la 1 metru pătrat, densitatea plantelor, coeficientul de înfrățire etc.

Toate metodele au urmărit stabilirea productivității grâului de toamnă și menținerea fertilității efective a solului cu determinarea dozei optime de îngrășămintă minerale în baza aprecierii eficacității economice și energetice.

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor efectuate la tema tezei de doctorat au fost diseminate și aprobate la Consiliul științific al IPAPS „N. Dîmo”; Conferința națională cu participare internațională „Știința în nordul Republicii Molodova: realizări, probleme, perspective” (25-26 septembrie 2015, Bălți); Simpozionul Științific Internațional „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” (29-30 septembrie 2016, Chișinău); Conferința Științifică Internațională „Agriculture for life, life for

agriculture” (8-10 iunie 2017, București, România); Conferința Științifică Internațională, consacrată celor 120 de ani de la nașterea academicianului Ion Dicusar „Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană” (6-7 septembrie 2017, Chișinău); Conferința Științifică Internațională „Agriculture for life, life for agriculture” (7-9 iunie 2018, București, România); Conferința Științifică Internațională Ecologică „Отходы, причины их образования и перспективы использования” (26-27 martie 2019, Krasnodar, Rusia); Conferința Științifică Internațională „Agriculture for life, life for agriculture” (4-7 iunie 2019, București, România); Conferința Științifică Internațională „Eastern European Chernozems – 140 years after V. Dokuchaev” (2-3 octombrie 2019, Chișinău).

SUMARUL CAPITOLELOR TEZEI

Capitolul I. Acțiunea îngrășămintelor minerale asupra stării agrochimice a cernoziomului carbonatic în asolament de câmp și productivitatea grâului de toamnă

În acest capitol a fost inclusă analiza laborioasă a publicațiilor științifice cu referire la influența îngrășămintelor minerale asupra stării și evoluției regimului nutritiv al solului la nivel global, regional, din țările vecine și din Republica Moldova. Au fost descrise primele încercări de testare a îngrășămintelor chimice în experiențe de câmp și de laborator. S-au enumerat cantitățile de fertilizanți aplicate pe continentul european și în republică, prin analiza datelor statistice ale Biroului Național de Statistică, raportate la recoltele de grâu de toamnă, ponderea anuală a consumului de îngrășămintă minerale și chimice în perioada 1995–2019. S-au caracterizat principalele elemente nutritive, rolul fiziologic al plantelor și însușirile fizico-chimice care influențează atât fertilitatea naturală, cât și cea efectivă a cernoziomului carbonatic. A fost evidențiată structura principalelor culturi dominante conform suprafețelor de teren arabil, care dovedește o deformare totală a asolamentului de câmp, cu instalarea deficitului de macronutrienți primari. S-a detaliat importanța respectării asolamentului în condiții de secete frecvente. S-a menționat rolul principalilor indici agrochimici: materia organică, inclusiv humusul, azotul, fosforul și potasiul, în sporirea productivității grâului de toamnă sub acțiunea administrării echilibrate a îngrășămintelor minerale. A fost descrisă starea regimurilor nutritive prin indicarea proceselor de degradare chimică și a măsurilor de remediere. S-au analizat unele doze recomandate de îngrășămintă minerale din perioada sovietică și acțiunea lor directă asupra indicilor calitativi ai grâului de toamnă.

Capitolul II. Condițiile și metodele de cercetare

S-a descris experiența de câmp, schema și variantele, metodele de cercetare în modul de lucru în câmp și în laborator, tipurile de îngrășămintă chimice aplicate la fertilizarea grâului de

toamnă. S-au caracterizat condițiile agroclimatice prin elaborarea climogramei, s-au determinat indicii de Martonne și coeficientul hidrotermic (CHT) cu stabilirea tipurilor de secete și a lunilor critice atât pentru fiecare an agricol, cât și pentru întreaga perioadă 2014–2018 în condiții semiaride.

Capitolul III. Dinamica acumulării materiei organice și a elementelor nutritive la grâul de toamnă

S-au studiat procesele de biosinteză și acumulare a producțiilor de masă verde și uscată cu descrierea legităților. A fost monitorizată dinamica sintezei substanței uscate pe ani agricoli pe faze fenologice la grâul de toamnă. Analiza statistică a servit la stabilirea corelațiilor și a regresiei dintre recoltă și indicii variabili. Conținutul chimic de elemente nutritive s-a determinat pe organe fazial în anii agricoli 2014–2018. În baza corelației și regresiei au fost stabilite relațiile dintre mărimea recoltelor și conținutul de azot, fosfor și potasiu total în organele grâului de toamnă în funcție de dozele de îngrășăminte chimice. S-a studiat consumul și exportul de azot, fosfor și potasiu (NPK) din plante. S-a ținut cont de biosinteza macroelementelor la un număr fix de plante. Administrarea diferențiată a îngrășămintelor minerale a contribuit la stabilirea dozelor cu consum optim de elemente nutritive în cernoziomul carbonatic.

Capitolul IV. Influența îngrășămintelor minerale asupra valorificării umidității și a regimului nutritiv al solului

S-au analizat și s-au luat în calcul dinamica rezervelor de apă productivă din sol, consumul specific de apă la formarea unei unități de recoltă principală, conținutul de humus, azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil în straturile de sol 0-20 cm, 20-40 cm, respectiv pe adâncimile 0-100 cm și 0-160 cm. S-au determinat parametrii statistici prin metoda varianței unifactoriale și bifactoriale, care a avut ca scop cunoașterea acțiunii directe a diferitelor doze de fertilizanți asupra principalilor indici agrochimici.

Capitolul V. Influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziom carbonatic

Este analizată productivitatea grâului de toamnă: mărimea recoltelor și principalii indici calitativi: masa a 1.000 de boabe (MMB), masa hectolitrică (MH), conținutul de gluten umed, randamentul de gluten, conținutul de proteină și proteină brută. Analiza statistică a cuprins: verificarea ipotezelor de egalitate, nulă și alternativă, semnificațiile și variația seriilor îngrășămintelor chimice asociate cu productivitatea prin confirmarea tipurilor de variabilitate cantitativă și calitativă. Calitatea boabelor a fost relaționată prin ecuații de regresie liniare multiple, care au ca scop prognozarea nivelurilor de recoltă cu indici calitativi ridicați.

Capitolul VI. Eficacitatea economică și energetică a administrării îngrășămintelor minerale

Eficacitatea economică a îngrășămintelor minerale privind grâul de toamnă a fost determinată prin stabilirea cheltuielilor, a venitului net și a rentabilității în condițiile economice actuale. S-au stabilit dozele de îngrășămintă minerale rentabile și nerentabile.

Eficiența energetică a aplicării îngrășămintelor minerale la cultivarea grâului de toamnă s-a determinat prin coeficientul bioenergetic, care a permis să fie stabilită doza optimă de îngrășământ din punct de vedere energetic. Cantitatea producției principale și secundare a grâului a influențat bilanțul energetic. Au fost luați în calcul indicatorii eficacității energetice, cum ar fi: randamentul energetic, efectul energetic și consumul specific de energie utilizat la 1 kg de producție boabe, care indică cantitatea de energie cheltuită la o unitate de recoltă.

1. ACȚIUNEA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA STĂRII AGROCHIMICE A CERNOZIOMULUI CARBONATIC ÎN ASOLAMENT DE CÂMP ȘI PRODUCTIVITATEA GRÂULUI DE TOAMNĂ

1.1. Importanța economică a îngrășămintelor minerale

Suprafața globală a terenurilor agricole în anul 2018 a fost de 4,8 miliarde de hectare, în scădere, cu 2% sau 0,08 miliarde de hectare comparativ cu anul 2000. Suprafața terenurilor cultivate pe cap de locuitor a scăzut în toate regiunile între anii 2000 și 2018 pe măsură ce populația a crescut. Media mondială a acestora s-a micșorat cu 15% sau 0,21 hectare (ha) pe cap de locuitor în 2018; scăderea cea mai mare s-a constatat în Africa – 23% sau 0,22 ha pe cap de locuitor, urmată de America – 15% sau 0,38 ha pe cap de locuitor, Asia – 14%, până la 0,13 ha pe cap de locuitor, Europa – 8%, până la 0,39 ha pe cap de locuitor și Oceania – 5%, sau 0,81 ha pe cap de locuitor. În Republica Moldova în anul 2000 suprafața terenurilor care revine unui locuitor a fost de 0,51 ha, iar în 2018 a scăzut până la 0,47 ha. În ce privește producția globală totală de culturi primare, aceasta a crescut cu aproape 50% între anii 2000 și 2018, până la 9,1 miliarde de tone în 2018 sau cu 2,9 miliarde de tone mai mult decât în 2000. O treime din total aparține cerealelor, din care grâu – 0,7 miliarde de tone. Asia este lider, cu o cotă globală de 45% [201].

Suprafața totală a fondului funciar al Republicii Moldova a constituit în anul 2018 circa 3.384,6 mii ha, inclusiv 2.449,6 mii ha sau 73,9% terenuri agricole [16]. Analizând datele prezentate de Biroul Național de Statistică [17], pe cinci ani în perioada 1995–2019, s-a observat o tendință de micșorare a recoltei grâului de toamnă. În anii 2015–2019 recolta medie pe republică a fost cea mai ridicată: 3.250 kg/ha boabe de pe suprafața totală de 355,6 mii ha, obținându-se o recoltă globală record de circa 1 mld. 155 mil. kg. Cele mai mici recolte s-au înregistrat în trei cinci ani: 2000–2004, 2005–2009, respectiv 2010–2014, cu o recoltă medie de 2.360 kg/ha de pe suprafața totală cultivată de 347,3 mii de hectare, cu cea mai joasă recoltă globală de 8 mil. 202 mii kg. În perioada postprivatizațională, recolta relativ ridicată s-a datorat postacțiunii îngrășămintelor. În ultimii 24 de ani agricoli recolta grâului de toamnă a constituit în medie 2.610 kg/ha boabe.

Terenul cultivat reprezintă cea mai bună și mai productivă cotă a resurselor funciare ale lumii. Din păcate, aceste terenuri se degradează concomitent cu încălcarea tehnologiilor care favorizează eroziunea hidrică și eoliană, absorbția nutrienților, reducerea covorului vegetal, salinizarea și poluarea solului. Deteriorarea productivității terenurilor apare prin: pierderea

materiei organice a solului; destructurarea fizică; scăderea conținutului de nutrienți. La ora actuală, jumătate din substanțele nutritive absorbite sunt recuperate de către culturi, spre exemplu, în Asia anual se reduc din sol 50 kg/ha, în țările din estul și sudul Africii scăderea anuală a conținutului de substanțe nutritive din sol constituie: azot – 47 kg/ha, fosfor – 6 kg/ha și potasiu – 37 kg/ha. Sistemele agricole aride și semiaride din țările în curs de dezvoltare se caracterizează prin productivitate scăzută din cauza deficitului de apă, precum și a problemelor de mediu și sol, inclusiv salinizarea solului, scăderi de temperatură și lipsa nutrienților [197].

Consumul specific de îngrășăminte în perioada 1985–2000 în cadrul Uniunii Europene, a variat în funcție de țară, lider agricol fiind Franța, care a avut un consum specific moderat datorită optimizării dozelor de îngrășăminte ternare sau complexe. În republica franceză cea mai mare cantitate aplicată de îngrășăminte minerale o constituie cele cu azot: sulfatul de amoniu, amoniacul anhidru, cianamida de Ca, ureea, iar dintre îngrășămintele amoniacal-nitric, primul loc îl ocupă azotatul de amoniu. În țări precum Ungaria, Polonia, evoluția consumului specific de îngrășăminte minerale a fost negativă și profund negativă în România, Bulgaria – la nivelul anilor 1980–1990 [44; 202, p. 34-35].

Oded Achilea [191, p. 50-61], la Conferința „New Ag International”, care a avut loc la Varșovia, la 26-28 martie 2014, evidențiază în detaliu principalele fapte și tendințe ce apar într-o regiune a lumii, atrăgând din ce în ce mai mulți producători de intrări și tehnologii agricole high-tech. Privitor la îngrășăminte, autorul menționează că doza medie a consumului de îngrășăminte aplicate la 1 ha la culturile arabile și permanente este următoarea: Belarus – 300 kg/ha, Slovenia – 245 kg/ha, Polonia – 200 kg/ha, Croația – 170 kg/ha, Bulgaria – 128 kg/ha, Republica Cehă – 120 kg/ha, cote mici sunt în România – 53 kg/ha și în Ucraina – 38 kg/ha. Din îngrășămintele cu elemente nutritive (NPK), majoritatea țărilor membre ale UE și candidații au stabilizat sau chiar au diminuat ușor cantitatea din cauza reducerii cererii. În schimb, rata de aplicare la N a crescut cu 8,4% și s-a diminuat la P_2O_5 cu 14,1% și la K_2O cu 10,1%. O situație total diferită în 2010 față de 2005 se constată în Belarus, Ucraina și Moldova, cu o creștere la azot de 65,6%, P_2O_5 – 69,3% și K_2O – 82,2%.

N. Rodriguez-Eugenio și coautorii [194], evocă faptul că aplicarea excesivă a îngrășămintelor sintetice conform ideii „cu cât mai mult, cu atât mai bine” dovedește inexistența corelației liniare între creșterea cantității de îngrășăminte aplicate solurilor agricole și creșterea producției de culturi; dimpotrivă, creșterile în unele situații au redus eficiența utilizării nutrienților prin obținerea recoltelor scăzute. Practicile agricole moderne accelerează poluarea solului prin utilizarea intensivă a îngrășămintelor și pesticidelor în scopul majorării productivității culturilor. Gestionarea durabilă a solului trebuie însă să ofere țărilor, fermierilor și altor părți interesate

principii dovedite practic și bazate științific pentru promovarea durabilității managementului solului.

Securitatea alimentară este una dintre problemele globale esențiale. Resursele de sol sunt mijlocul principal de producție în agricultură, o dată cu creșterea volumului global de produse alimentare se poate evita criza alimentară. În Republica Moldova utilizarea rațională a resurselor de sol trebuie să se bazeze pe producție pentru populație, apoi pentru export, prin organizarea agriculturii ce va asigura protecția, menținerea și sporirea fertilității solului [190, p. 207-213].

Totuși, în ultimii ani în Republica Moldova are loc extinderea suprafețelor erodate și a alunecărilor. Intensificarea secetelor dereglează procesele biologice și bilanțul elementelor nutritive prin micșorarea conținutului de materie organică în sol, ceea ce determină scăderea fertilității naturale, cu pierderi de până la 436.479 de mii de dolari americani [86, p. 11]. Determinarea rezervelor totale de elemente nutriționale pe cale chimică, nu apreciază pe deplin fertilitatea solului, ci este o funcție a ratei eliberării și disponibilizării nutrienților către plante [88].

Fertilitatea solului reprezintă capacitatea de a livra ionii elementelor nutritive plantei. Fertilitatea solului este determinată de patru factori: 1. materialul pământos, supus acțiunilor atmosferice cu eliberarea elementelor nutritive; 2. vegetația, ce produce resturi organice care se descompun în elemente nutritive; 3. organismele care participă la procesul de descompunere și răspund de divizarea elementelor în circuitul elementelor nutritive; 4. clima ce determină viteza proceselor biologice, chimice și fizice cu capacitatea de a majora sau a micșora rezervele de elemente nutritive în sol. La recoltarea culturilor agricole din câmp se exportă cantități semnificative de elemente nutritive. De aceea în agroecosistem se aplică fertilizanți, în primul rând, în scopul reînnoirii rezervelor de elemente nutritive sau al aportului lor în sol pentru a forma rezerve. Pe parcursul vegetației planta obține părți însemnate de elemente nutritive din complexul adsorativ al solului. Pentru a cunoaște conținutul elementelor în sol trebuie efectuată testarea fertilității solului, dar și a plantei. Îngrășămintele reprezintă orice material ce asigură ionii solubili ai elementelor nutritive în soluția solului pentru creșterea și dezvoltarea culturilor agricole. Îngrășămintele minerale granulate bazate pe săruri au o viteză mai mare de descompunere față de cele organice, supuse hidrolizei. Administrarea îngrășămintelor chimice în doze maxime sporește consumul substanței organice a solului de către bacterii, iar îngrășămintele organice în doze ridicate majorează populațiile bacteriilor, ceea ce face să se elibereze substanțe organice care contribuie la reținerea umidității în sol [200, p. 234-248].

Pentru obținerea recoltelor ridicate, factorul uman poate influența cantitativ cu apă și elemente nutritive. În opinia lui V. Williams [109, p. 70-72], fertilitatea este „capacitatea solului

de a asigura optim necesarul plantei cu apă și hrană încontinuu pe parcursul întregii vieți”. Cercetătorul menționează că lucrarea solului face parte din lanțul tehnologic.

Academicianul I. Dicusar [89], citat de S. Toma și A. Lupan (1999), a demonstrat că aplicarea îngrășămintelor fără un sistem științific bine argumentat, prin cunoașterea particularităților fiziologice și biochimice ale plantelor, nu garantează o productivitate înaltă și nu sporește fertilitatea solului.

I. Dicusar [118, p. 3-10], a menționat și că „recolta, fertilitatea solului, sistemul de îngrășămintă în asolament și majorarea calității producției agricole constituie baza chimiei agronomice”. Studiile efectuate asupra grâului de toamnă au stabilit un consum ridicat de elemente nutritive din sol, în special azot. Generalizând datele a 45 de experiențe, s-a stabilit că raportul dintre K:P nu a fost dependent de tipul de sol și mărimea recoltei.

Din analiza datelor pe șase etape ce cuprinde perioada 1961–2015, în intervalul anilor 1981–1988 s-a administrat cea mai mare cantitate de îngrășămintă minerale – 362 de mii de tone la toate culturile agricole [60, p. 129-133]. Consumul specific de macrolelemente (NPK) în Republica Moldova, în perioada 1995–2019 este considerat progresiv începând cu anul 2016 la toți nutrienții. În 1995 s-au aplicat: N – 9,6 mii de tone, P_2O_5 – 1,1 mii de tone și K_2O – 0,5 mii de tone, atingând minimum în 1999: N – 3,0 mii de tone, P_2O_5 – 0,1 mii de tone, K_2O nu s-a aplicat. Cantitatea maximă de îngrășămintă chimice a fost în anul 2019 față de 1999, când consumul s-a majorat până la 61,1 mii de tone: N, P_2O_5 – 21,1 mii de tone și K_2O – 9,0 mii de tone; totuși bilanțul de humus rămâne în continuare negativ.

Din macronutrienții utilizați la fertilizarea culturilor agricole cel mai înalt consum a fost la azot – 22,1 mii de tone, fosfor – 4,9 mii de tone și potasiu – 1,7 mii de tone. Fertilizarea semănăturilor cu îngrășămintă chimice pe parcursul întregii perioade a avut o creștere continuă progresivă de la 9,0 kg/ha în 1995 până la 110,9 kg/ha în 2019 [16; 17]. În perioada 1996–2010 s-a redus cantitatea de îngrășămintă organice de 60 de ori (0,1 t/ha), pe suprafețele ocupate cu lucernă – de 4-5 ori, îngrășămintele minerale – de 10-15 ori (15-20 kg NPK) per hectar. În ultimii 5 ani cantitatea de îngrășămintă minerale, aplicate pe terenurile arabile din Republica Moldova s-a majorat de 2-3 ori (până la 15-20 de mii de tone) [83].

Cercetătorul M. Vronschih [110, p. 5-10] divizează dezvoltarea, dotarea și intensificarea agriculturii în Moldova în cinci perioade, ce cuprind anii 1945–2004, dintre care ultima perioadă, 1992–2002, se consideră critică în urma procesului de privatizare, odată cu scăderea recoltelor care au la bază micșorarea cantității de îngrășămintă minerale de 13 ori, organice – de 30 de ori din necesarul anual. La cultura grâului de toamnă necesarul de îngrășămintă a rămas același datorită extinderii suprafețelor de 1,5-2,0 ori, ceea ce a condus la deformarea asolamentelor și

oboseala solului. Treptat, au fost introduse soiuri noi de grâu cu potențial genetic înalt, dar care nu pot asigura un nivel de recoltă stabil în timp, din cauza insuficienței de umiditate din sol și a necunoașterii consumului specific de macroelemente. Distrugerea sectorului zootehnic a redus enorm volumul de îngrășăminte organice, care sunt suplinite din contul îngrășămintelor chimice, la fel, administrate insuficient, cu toate că, îngrășămintele organice de diferite tipuri rămân în continuare primordiale în sporirea fertilității și productivității culturilor de câmp [77, p. 327-338].

Sistematizarea rezultatelor agrochimice pe trei zone, obținute în Republica Moldova pe parcursul a cinci cicluri, care au cuprins perioada 1965–1997, asupra principalilor indici agrochimici de către I. Burlacu [30], a caracterizat starea de asigurare a solului cu elemente nutritive și conținutul de humus. În ansamblu pe republică, conținutul de humus s-a clasificat ca scăzut și moderat: ~ 73,0%; în zona de sud, conținutul mediu de humus pentru cinci cicluri de cercetare a fost de 62,7%, clasificându-se ca scăzut și foarte scăzut. Cu referire la conținutul de fosfor mobil, în republică domină solurile asigurate foarte scăzut – 23,7% și scăzut – 42,7%, iar în zona de sud – 34,4%. Potasiul schimbabil pe țară a fost relativ optim – 31,2% și ridicat – 34,3%, în zona de sud domină gradul de asigurare relativ optim – 30,2% și ridicat – 36,2%.

D. Preanișnikov [147, p. 249-256], încă în anul 1941 a subliniat importanța îngrășămintelor, afirmând că „în prezent nu este necesar a demonstra, că aplicarea îngrășămintelor minerale și organice este un argument puternic în majorarea recoltelor și a fertilității solului”. În experimentele efectuate cu îngrășăminte cercetătorul, comparând recoltele medii ale culturilor tehnice cu cele cerealiere, a observat o creștere nesemnificativă. Mărirea producției globale a fost făcută din contul extinderii suprafețelor semănate, agrotehnicii moderne, situație similară și astăzi în țară. Cercetătorul a optat pentru intensificarea procesului de chimizare în agricultură prin administrarea îngrășămintelor minerale în asolament, precum și introducerea unei culturi leguminoase, care ar îmbogăți solul cu azot. De asemenea, a insistat asupra formării corecte a sistemului de fertilizare în funcție de necesitățile culturilor în asolament cerealier în zonele cu insuficiență de umiditate prin aplicarea sub brazdă a îngrășămintelor cu fosfor și potasiu.

Pentru a garanta efectul agronomic înalt se impune respectarea asolamentului. V. Ungureanu și coautorii [92, p. 32-35], definesc asolamentul ca „împărțire a terenului în sole, prin succedarea speciilor de cultură în spațiu și timp într-o ordine bine stabilită”, iar „rotația culturilor, este succesiunea de cultivare a plantelor în timp pe o solă”. La stabilirea rotației culturilor se va ține cont de condițiile pedoclimatice, genetice, particularitățile de nutriție etc., care au ca scop final sporirea fertilității solului. Asolamentele sunt de câmp, furajere și specializate. La cultura grâului de toamnă premurgătorii se împart în două grupe: prima grupă se recoltează până la 1 iulie și grupa

a doua – după a II-a decadă. În zonele de sud grâul de toamnă este amplasat în asolament de cinci culturi, dintre care la masă verde, leguminoase și tehnice.

Studiile privind suprafețele principalelor culturi agricole cultivate pe terenurile arabile în perioada 1995–2019 au arătat, că circa 30% au revenit porumbului pentru boabe, grâului de toamnă și de primăvară – 23%, florii-soarelui – 18%, iar leguminoaselor boabe – doar 2% din total. Rezultatul acestei disproporții este nerespectarea asolamentului. Profesorul B. Boincean [27, p. 35-41; 104], menționează că la elaborarea asolamentului trebuie ținut cont de folosința terenului, fertilitatea solului, forța de muncă, baza tehnico-materială și piața de desfacere. Rezultatele obținute pe câmpurile experimentale ale ICCV „Selecția” în anii 1962–1991 indică, faptul că cea mai înaltă recoltă a grâului de toamnă a fost după culturile timpurii, care eliberează câmpul devreme, precum mazărea boabe. Cercetările în asolamentul de câmp cu patru sisteme de fertilizare, amplasat pe cernoziom tipic: 1) naturală (martor); 2) minerală (NPK), $N_{60}P_{30}K_{30}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$ (kg s.a./ha suprafață de asolament); 3) organo-minerală I și II, câte 10 t/ha (NPK), $N_{60}P_{30}K_{30}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$ (kg s.a./ha suprafață de asolament); 4) organică – 10 și 15 t/ha suprafață de asolament – au demonstrat că în toate sistemele de fertilizare producția grâului de toamnă a sporit față de martor – 3.850 kg/ha, de la 390 până la 680 kg/ha boabe. Datele obținute în perioada 1961–2021 au scos în evidență factorul climatic limitator ce afectează asolamentul prin neuniformitatea depunerilor atmosferice cu menținerea temperaturilor extreme. Producția medie de grâu de toamnă la experiențe și pe țară are aceeași tendință de micșorare. Un alt factor care diminuează nivelul producției culturilor agricole este reducerea rezervelor de materie organică în stratul de 1 m sol cu 68,6 t/ha în asolament cu lucernă și culturi prășitoare, și cu 60,6 t/ha în asolament fără lucernă și culturi prășitoare comparativ cu pârlaoga. Pierderi maxime de materie organică au fost stabilite sub ogor negru. Pentru comparație: producția grâului de toamnă în asolament cu lucerna față de cultura permanentă în perioada 1994–2022 a fost mai ridicată. Creșterea cotei culturilor prășitoare și tehnice în asolament, dozele mici de gunoi de grajd și arătura excesivă au majorat viteza de mineralizare a materiei organice, creând un deficit de materie organică. Totodată, fertilizarea minerală influențează producția grâului de toamnă în anii agricoli favorabili din punctul de vedere al depunerilor atmosferice, dar în paralel intensifică procesul de mineralizare a materiei organice [28, p. 88-89].

La asolamentele amplasate în perioada 1969–2000 pe luvosol albic-stagnic din sudul României, dintre care cel ecologic, la grâul de toamnă s-au obținut sporuri ridicate la rotațiile de 4-6 ani. Implementarea asolamentului sustenabil a înregistrat dublarea recoltei de la 2.400 kg/ha la peste 4.000 kg/ha ca monocultură [57, p. 53-59]. În nordul Germaniei creșterea grâului de toamnă în asolament pe luvosol stagnic după patru premurgători: sfeclă de zahăr, grâu de toamnă,

porumb pentru siloz și rapiță de toamnă a indicat un spor semnificativ de producție după rapiță de 1.000 kg și sfeclă de zahăr – 430 kg în comparație cu grâu după grâu [186, p. 139-149]. În Republica Moldova efectul asolamentului comparativ cu cultura permanentă (grâul de toamnă), este vădit atât pe fond fertilizat, cât și nefertilizat pentru toate culturile. Sporul maxim absolut și relativ de producție de la fertilizare în cultura permanentă este garantat la grâul de toamnă și porumbul pentru boabe comparativ cu asolamentul [26, p. 91-103].

Pentru sporirea productivității grâului de toamnă se impune a asigura o creștere optimă printr-o nutriție echilibrată cu elemente nutritive (NPK) sau combinat cu microelemente. Analiza solului și diagnoza vegetală conform necesarului plantelor agricole în elemente nutritive sunt cheia ce asigură sporuri semnificative de recoltă. Respectarea corectă și balansată a recomandărilor privind administrarea îngrășămintelor contribuie la ridicarea productivității, asigură uniformitatea și sănătatea solului, precum și a mediului ambiant [192, p. 18-23].

Progresul tehnico-științific, cu diversificarea noilor metode, a transferat agricultura convențională la cea intensivă odată cu dispariția sectorului zootehnic și trecerea în totalitate la îngrășăminte minerale. Ca sursă de îngrășămintă de origine organică rămâne doar masa vegetală a culturilor de câmp, cum ar fi paie [205, p. 63-79]. Conform concepției lui E. Von Boguslawski, (1984) citat de Gh. Lixandru [62, p. 23-26], trebuie incluse unele subvariante de agricultură în funcție de condițiile pedoclimatice, ecologice și de caracterul exploatației.

Referitor la necesarul de substanță uscată și proteine, unui om îi revin din cereale (boabe): substanță uscată – 70% și proteine – 54%. Conform datelor FAO, în 1990 s-au consumat 79,8 kg/om boabe de grâu, în 2003 doar 67 kg/om boabe, proteine – 16,0-15,3 g/om. Balanța mondială a rezervelor de grâu scade datorită creșterii populației, aceasta fiind prognozată până în anul 2050 să ajungă până la 11,5 miliarde de oameni [176, p. 13-37].

1.2. Rolul elementelor nutritive și al regimului de umiditate asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziom carbonatic

1.2.1. Humusul

Indicele principal al fertilității solului este humusul. F. Gustavson [114, p. 11-48], încă în anul 1889, a menționat că primul care a propus denumirea de humus pentru întregul complex organic din sol a fost Thaer. Tot Thaer a stabilit că în resturile vegetale raportul C : N este mare (30-80/1), iar în soluri -este mic (9-12/1).

Academicianul S. Andrieș a afirmat că pentru prima dată studii ale materiei organice au fost efectuate cu 200 de ani în urmă. Vârsta materiei organice variază între 800 și 3.000 de ani. Humusul deține șase însușiri de bază: biologice, ca rezervor de energie metabolică și sursă de

elemente nutritive; fizice, ce formează structura agregatică cu reținerea apei în sol; chimice, cu capacitatea de schimb cationic; de tamponare a pH-ului; formează legături complexe metaloorganice sub denumirea de helați și reduce procesul de levigare a elementelor nutritive. În urma calculelor pentru Republica Moldova, autorul a stabilit că solurile conțin 1 miliard de tone de materie organică. Din contul resturilor vegetale se acumulează anual 2-4 t/ha de materie organică în zona de stepă. Cernoziomul carbonatic are valori ale humusului de 3,1-3,5% [14, p. 71-77].

Humusul reprezintă și depozitul de macro - și microelemente, sursă de energie pentru microorganisme. Pierderile de humus în ultimii 100 de ani constituie 25% din totalul materiei organice. În Canada s-au pierdut 25% din carbonul acumulat în soluri [21, p. 5-8]. Agravarea bilanțului de humus și al elementelor nutritive s-a observat și în Ucraina, prin fertilizarea cu îngrășăminte minerale cu azot în dozele 40-60 kg/ha pe cernoziom carbonatic, la care intensitatea mineralizării anuale a humusului a sporit de la 1,6 până la 2,3 t/ha. Dozele medii de N₇₀₋₈₀ au scăzut mineralizarea la 0,6 t/ha, iar doza de N₁₀₀₋₁₂₀ a echilibrat procesul cu martorul [115, p. 258-261].

Fondatorul pedologiei genetice V. Dokuceaev (1883), citat de Gh. Cesniak [171, p. 186-198], cercetând conținutul de humus în orizonturile superioare în expediția sa pe întregul teritoriu al Basarabiei până la Nistru și o bună parte din Ucraina, lângă râul Bug, a stabilit un conținut de humus de 4-7%. Autorul a relatat că savanții P. Aderihin, F. Gavriliuk, I. Krupenikov ș.a. au analizat starea humică în comparație cu datele obținute de Dokuceaev și au stabilit o diminuare drastică a conținutului de humus. Doar local, în raioanele Călărași, Orhei, Strășeni, conținutul s-a menținut la nivel de 4-7%. În raioanele Rezina, Nisporeni, Ungheni, pe culmile râurilor Nistru și Prut până la raionul Vulcănești conținutul de humus s-a micșorat până la 2-4% în perioada 1960–1980.

Pentru comparație, în anul 1897 conținutul de humus alcătuia în stratul de sol 0-30 cm circa 5-6% sau 200 t/ha, din care azot – 10 t/ha, iar în anul 1990 conținutul de humus a scăzut până la 3,0%, rezerva s-a micșorat până la 110 t/ha și 5 t/ha de azot. O scădere s-a observat în 93 de ani în medie cu 50% a conținutului de humus și azot. Din prognoza elaborată pentru anul 2025, conținutul de humus va atinge valori de 2,5-3,0% și azot 4 t/ha din cauza eroziunii hidrice și a procesului dehumificării. Din datele prezentate de profesorul C. Zagorcea, citat de S. Andrieș [5, p. 42-44], într-o perioadă de 95 de ani, de pe întreaga suprafață agricolă s-au extras 150-160 mil. de tone de humus și 20 mil. de tone de NPK. Cercetările efectuate de Serviciul Agrochimic de Stat au stabilit că din totalul terenurilor agricole: 41% au conținut scăzut de humus: < 2%, circa 40% — moderat, cu conținut de humus 2-3% și relativ ridicat — doar 20%, depășind conținutul de 3%. Ritmul anual de pierdere a materiei organice alcătuiește 0,51 t/ha. Serviciul agrochimic, în baza cercetărilor din

perioada 1986–1990, a determinat că conținutul de humus s-a micșorat până la 3,1%. Drept rezultat, s-au pierdut circa 50-60% din cantitatea inițială de humus [148].

Fertilizarea sistematică cu îngrășăminte minerale în asolamente de câmp începând cu anul 1965 până în prezent, a contribuit la compensarea pierderii de materie organică în soluri cu aplicarea înaltă a cantității de 30-40% față de martor. În urma cercetărilor s-a stabilit că timp de 50 de ani conținutul de humus în variantele martor a scăzut semnificativ. Pe cernoziomurile carbonatice pierderile au fost: 0,52% sau 0,011% anual. Conținutul de humus în cernoziomul carbonatic s-a redus de la 3,8 până la 3,4%. Din 1985, pierderile de humus au fost foarte mici, dar ritmul de humificare a fost stabilizat la o cantitate nesemnificativă. Analizele chimice efectuate în 1999 la stațiunea „Chetrosu” (raionul Anenii Noi) caracterizează cernoziomul carbonatic neerodat moderat humifer cu profil humifer puternic profund lutos cu conținut de humus 2,5-3,0% (după metoda Tiurin), 0,8-1,5 mg/100 g de fosfor mobil (după metoda Machigin), 18-22 mg/100 g de potasiu schimbabil și 1,8-2,2% carbonați în stratul de sol 0-20 cm. Sistemul organic și mineral a avut cel mai înalt efect asupra solului. Astfel, s-a demonstrat că îngrășămintele minerale au micșorat conținutul de humus, însă prin utilizarea lor optimă a crescut semnificativ randamentul culturilor. Totuși, un alt experiment, cu șase variante: 1. ogor negru de peste 30 de ani; 2. monocultură (grâu de toamnă); 3. asolament fără fertilizare; 4. asolament cu îngrășăminte minerale $N_{90}P_{60}K_{60}$; 5. asolament cu îngrășăminte organice 18 t/ha și 6. fâșie forestieră, a scos în evidență următoarea legitate. Lipsa intervenției factorului antropic în funcțiile ecosistemice ale solului cu referire la fâșia forestieră prin cercetarea modificărilor indicilor agrochimici – azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil în stratul de sol 0-20 cm – a depășit cele cinci variante, iar ogorul negru și grâul de toamnă în monocultură au avut cei mai scăzuți indicatori [20; 188, p. 177; 195].

V. Beltei [102, p. 12-13], sistematizând cercetările efectuate la stațiunea experimentală din Chișinău a UASM, a stabilit că în decursul a 20 de ani, prin nefertilizarea cernoziomului carbonatic pe parcursul a două rotații, conținutul de humus în stratul de sol 0-20 cm s-a micșorat cu 0,17-0,21% sau cu 6,0-7,3% față de cel inițial. Studiile efectuate în perioada 1965–1997 la stațiunile experimentale de lungă durată ale IPAPS „N. Dîmo” au demonstrat că la aplicarea îngrășămintelor minerale și a gunoiului de grajd se evidențiază diminuarea conținutului de humus în stratul arabil de la 2,8% în 1965 până la 2,3% în 1997 pe sol cenușiu de pădure, cernoziom levigat de la 3,9% până la 3,2% și cernoziom carbonatic de la 3,8% până la 3,2%. Pierderile totale de humus pe cernoziomul carbonatic din sudul țării au constituit 0,5-0,7% sau 0,016% anual, pe sol cenușiu de pădure și cernoziom levigat din zona centrală – circa 0,024% [4, p. 24-26].

Diminuarea fluxului de materie organică de calitate în stratul arabil după reforma agrară a afectat bilanțul humusului și volumul producției agricole, care a scăzut de 2-3 ori. S-a stabilit că

în solurile arabile anual se pierd 0,7-1,0 t/ha de humus. Procesul de dehumificare a solurilor în condițiile actuale de practicare a agriculturii este foarte complicat de stopat. Se prognozează, că în următoarele zeci de ani conținutul de humus va scădea cu 10-25% din total. Cauzele principale care intensifică procesul de dehumificare sunt: nerespectarea asolamentelor, micșorarea suprafețelor cu ierburi perene anuale și multianuale, eroziunea și administrarea insuficientă a îngrășămintelor organice. Dehumificarea solului provoacă și scăderea rezervelor de fosfor în sol, iar pe viitor fosforul va deveni un element limitator în majorarea recoltei [87, p. 481-485].

Cercetările privind stabilirea dinamicii conținutului de humus și azot, de la stațiunea experimentală Chișinău a Institutului Agricol „M.V. Frunze” pe cernoziomul carbonatic, au demonstrat că aplicarea îndelungată a îngrășămintelor minerale a sporit masa resturilor vegetale din sol, a încetinit procesul de dehumificare, care a constituit 1,39 t/ha sau 0,81% din rezerva inițială. La aplicarea dozei $N_{120}P_{90}K_{90}$ pierderile de humus în comparație cu martorul s-au micșorat cu 0,70 t/ha, iar la $N_{160}P_{90}K_{90}$ s-au instalat pierderi minime de humus – 0,11 t/ha [142, p. 24].

Cercetătorii V. Ungureanu și A. Holmețchi [164] au demonstrat, că unul din factorii principali de majorare a fertilității solului este sistemul de aplicare a îngrășămintelor. În cernoziomul carbonatic din s. Grigorievca, r. Căușeni, în anii 1965–1969 conținutul de fosfor mobil alcătuia 1,0 mg/100 g de sol, în 1985 conținutul a fost de 0,9-1,2 mg/100 g de sol. Și studiile efectuate de către I. Krupenikov asupra stării humice pe loturile experimentale ale Comisiei de Încercare și Testare a Soiurilor de Plante în perioada 1962–1983 au înregistrat pierderi anuale de humus în stratul arabil pe cernoziomul carbonatic de 0,01% sau 0,11 t/ha.

Datele experimentale obținute privind starea humică a solurilor Moldovei au stabilit că majorarea conținutului de materie organică cu 1% a contribuit la sporirea semnificativă a recoltei grâului de toamnă cu 1.190 kg/ha boabe [97]. În opinia lui Z. Borlan și a coautorilor [25], „Solul este principala sursă de nutrienți minerali și de apă pentru plante. Capacitatea acestuia de a asigura nutrienții necesari plantelor variază în funcție de nivelul lui de fertilitate”. O atenție deosebită în asigurarea optimă cu nutrienți ar trebui acordată extragerii elementelor nutritive, în procesele naturale ce se desfășoară în sol. Compensarea rapidă a deficitului de elemente nutritive se poate efectua prin aportul în sol cu îngrășămintele minerale al nutrienților stabiliți la consumul cu recoltele [24].

1.2.2. Azotul și nitrații

D. Preanișnikov și P. Paidin [144], considerau că „azotul reprezintă cel mai magnific motor în procesele de dezvoltare, creștere și creare a naturii”. D. Preanișnikov susținea că „Nu se poate înlocui insuficiența de cunoștințe agrochimice cu surplusul de îngrășămintele”. Asigurarea nivelului

optim de azot stimulează sinteza proteinelor, iar insuficiența lui dezvoltă slab organele vegetative, ceea ce reduce productivitatea grâului de toamnă. Bineînțeles, că la îmbogățirea solului cu azot contribuie gunoiul de grajd și fixarea simbiotică a azotului din atmosferă, fenomen descoperit de Boussingault în 1873. De la nutriția artificială a plantelor, prin îmbinarea ideii lui Boussingault care ține de azot, și a lui Liebig de fosfor și potasiu, s-a ajuns treptat la aplicarea îngrășămintelor de tip NPK, odată cu dezvoltarea industriei chimice.

Studiile efectuate de L. Aula et al. în 2021 privind eficiența îngrășămintelor cu azot în doze de 0-45-90-145 kg/ha la grâul de toamnă în sistemul de lucrare a solului No-till din Efaw, stațiunea Stillwater, pe paleosol în 2020 și clasică pe argiosol în Lahoma, SUA, în 2019, în combinație cu termenii de aplicare a fertilizantului până la semănat de 7-30 de zile și în a cincea săptămână după răsărire, au stabilit că ultima variantă a avut prioritate, deoarece procesul de denitrificare a fost scăzut. Doza de azot N_{90} s-a dovedit a fi optimă indiferent de potențialul de mineralizare, iar interacțiunea dintre termenele de aplicare și gradul de asigurare cu azot poate fi determinată [177].

Cercetările efectuate cu îngrășămintele chimice sub grâul de toamnă la stațiunea din Saskatchewan din Canada pe cernoziom calcaros, timp de 12 ani, au indicat levigarea nitraților în straturile 0-15 și 15-30 cm de sol în anii cu precipitații medii și în cei secetoși, dar cu ploi torențiale în perioada de vară. În anii umezi nitrații au fost absorbiți de sistemul radicular prin micșorarea concentrației lor în sol, iar în anii puternic secetoși s-au majorat [178, p. 563-578].

Azotul rămâne în continuare cel mai deficitar element nutritiv în sol. Fertilizarea cu îngrășămintele minerale implică pierderi însemnate sub formă gazoasă. Cernoziomurile sunt considerate cele mai fertile soluri, însă asigurarea lor cu azot nu este înaltă. În Rusia, la stațiunea din raionul Scopinski, regiunea Reazan, s-a cercetat evaporarea azotului din sol la cernoziomul levigat. Prelevarea probelor din sol a fost efectuată pe trei adâncimi: 0-20, 20-40 și 40-60 cm, respectiv orizonturile A_{ap} , A_2B , B. Au fost aplicate îngrășămintele cu PK: în doza $P_{100}K_{100}$, (CaH_2PO_4+KCl) și N: $(Ca(NO_3)_2)$, dozele constituind $N_{50-100-150}$ mg/kg. Pentru inițierea activității microbiotice a fost introdusă glucoză de 1%. Astfel, s-a observat că pierderi însemnate de oxid de azot au avut loc în straturile de sol 20-40 și 40-60 cm datorită condițiilor favorabile formate. Stratul de sol 0-20 cm s-a dovedit a fi cel mai neproductiv din cauza pierderilor de azot [149, p. 25-27].

Studiile recente efectuate de V. Lungu [78, p. 13-21] la experiențele de câmp de lungă durată au stabilit că azotul accesibil plantelor se formează din conținutul mineralizării humusului și 1% de humus asigură 24 kg N/ha. Din conținutul fertilității naturale se obțin 76 kg N/ha sau 2.500 kg/ha boabe grâu de toamnă. Chimizarea agriculturii în perioada 1965–1988 a atins nivelul mediu de 74 kg N/ha mineral și 30 kg N/ha organic. La ora actuală, din toate culturile se aplică cel mai mult în medie 80-100 kg N/ha substanță fizică la grâul de toamnă.

Aplicarea sistematică în anii 1972–1987 a îngrășămintelor minerale în doze de N_{60-120} și 180 kg N/ha pe fond $P_{80}K_{120}$ a demonstrat că cea mai mare cantitate de nitrați se acumulează în perioada rece a anului în stratul de sol 0-40 cm [143, p. 241-252].

Cercetările efectuate în anii 1985–2015 la stațiunile experimentale IPAPS „N. Dîmo” în baza datelor generalizate și prelucrate statistic au demonstrat că coeficientul de corelație dintre C:N este 0,82-0,98 (corelație puternică). În solurile Moldovei rezervele de azot constituie până la 50 mil. de tone. Studiile din anii 1986–2010 au demonstrat că N_{min} este dependent de inputurile efectuate pe fiecare câmp și că necesarul grâului de toamnă în 1986 de azot a avut media ponderată de 115 kg/ha în stratul de 1 m. Pe parcursul a 17 ani $N-NO_3$ s-a micșorat cu 59 kg/ha și până în 2010 a scăzut cu încă 7 kg/ha, ceea ce a majorat necesarul de fertilizare pe toate solele la culturile de câmp [15, p. 63-69].

Degradarea azotică sau „denitrificarea”, reprezintă reducerea nitraților și nitriților din sol. Cel mai mic conținut de azot nitric este în cernoziomul carbonatic, concomitent s-a observat scăderea bruscă pe profil a conținutului de humus. În 1897 în stratul de sol 0-30 cm cantitatea de azot nitric a constituit 10 t/ha, iar în 1990 s-a micșorat cu 50%. Conform prognozei, cantitatea de $N-NO_3$ în anul 2025 va fi de 4 t/ha din cauza pierderilor de humus. O sursă de suplinire a rezervelor de azot nitric ușor accesibile plantelor reprezintă aplicarea îngrășămintelor minerale cu respectarea asolamentelor, îndeosebi la grâul de toamnă [5, p. 42-44; 134]. Renumitul pedolog I. Krupenikov a menționat că studiile privind dinamica soluției solului desfășurate de Z.A. Sinkevici timp de 15 ani au stabilit un flux înalt de nitrați, de 170 kg/ha la adâncimea 4-5 m, iar mai adânc de 5 m cantitatea de azot în cernoziomul carbonatic s-a dublat.

Dintre toate formele de azot, nitrații sunt cei mai importanți. Cernoziomul cu cea mai mare capacitate de nitrificare este subtîpul carbonatic. Cantitatea maximă de azot nitric în sol se înregistrează primăvara, iar minimă – în a doua perioadă de vegetație a culturilor. La grâul de toamnă, în faza de înflorire, consumul de azot se consideră maxim, determinând nivelul recoltei și conținutul de gluten în boabe. Îngrășămintele cu azot au fost mai eficiente pe cernoziomurile levigate și obișnuite cu un spor maxim de 1.120 kg/ha, iar cea mai mică eficiență a avut cernoziomul carbonatic – 430 kg/ha boabe. Aceste date au fost confirmate de agrochimistii M. Țurcan, S. Sergentu [133], în 1971 pentru toate cernoziomurile țării. Cea mai înaltă capacitate de nitrificare a fost constatată pe cernoziomul carbonatic, ce rezultă din aplicarea îngrășămintelor minerale în doze moderate cu azot [29, p. 51-53]. Un accent deosebit, în special în zonele cu vulnerabilitate mare la poluarea apelor de suprafață și freatice cu nitrați de origine agricolă, trebuie pus pe gestionarea îngrășămintelor minerale cu azot, având în vedere comportamentul deosebit de

complex al acestui nutrient în sol și lejeritatea cu care se poate pierde sub formă de nitrați prin antrenarea lor cu apele de infiltrație și scurgerile de suprafață [47].

1.2.3. Fosforul mobil

Fosforul sau, cum se mai zice, „cheia vieții” [161, p. 246-264] poate fi găsit în boabe și în organele plantelor. După gradul de utilizare, îngrășămintele cu fosfor cedează doar celor cu azot. Diferența dintre circuitul fosforului față de azot a constat în nefixarea din atmosferă și mobilitatea scăzută a fosfaților în sol. O atenție aparte se impune a fi acordată calculării dozei de P_2O_5 și tipului de îngrășământ administrat în combinație cu azot, pe care sistemul radicular îl absoarbe din soluția solului sub formă de ioni de dihidrofosfat ($H_2PO_4^-$) foarte eficient. O problemă pentru solurile slab alcaline este prezența calciului sau a carbonatului de calciu, care la fertilizarea minerală imobilizează o bună parte și trece în fosfați de calciu. Acest proces s-a întâlnit în zonele uscate cu concentrații înalte de calciu. Pentru fertilizarea cu îngrășămintele cu fosfor trebuie luate în considerare metodele, termenele de aplicare și gradul de fixare, care limitează acțiunea îngrășământului la 2-3 ani. Fertilizarea minerală în doze mari fixează conținutul de fosfor în stratul superior al solului mai mult de doi ani.

Denumirea de „fosfați mobili” sau „fosfor mobil” provine din fosfații minerali neocluși ce se pot extrage din sol cu reactivi pe bază empirică, ce corelează cu planta. La asigurarea cu fosfor mobil a plantei trebuie să cunoaștem aportul de P_2O_5 din sol în plantă, să știm aportul de fosfor eficient al solului calculat în $kg P_2O_5/ha$. Concomitent, cantității de fosfor eficient aportată din sol îi revine doar o mică parte de absorbție radiculară la formarea recoltelor. De aceea în sol necesitatea trebuie să nu depășească consumul plantei de 3-10 ori. Apa în nutriția minerală a plantelor servește ca solvent, transport și mediu de difuzie de pe particulele de sol în regiunea rădăcinilor active. Cercetările întreprinse pe cernoziomul carbonatic de la Brăila la grâul de toamnă cu privire la dinamica acumulării substanței uscate, a formării recoltelor și a consumului de apă cu diferite nivele de fosfor în condiții neirigabile și irigabile au demonstrat rolul absorbției și acumularea zilnică medie a fosforului în plante. Consumul maxim al absorbției și acumulării fosforului în perioada înflorire-formarea boabelor în condiții de irigare a constituit 1,03-1,15 $kg P_2O_5/ha/zi$. Consumul specific a fost de 4,3-4,4 $kg P/t$ (recoltă boabe + paie) față de cernoziomul carbonatic neirigat, cu producții de 6.000 kg/ha la irigare și 4.200 kg/ha fără irigare [24].

Rezultatele experiențelor din regiunea Stavropol pe cernoziomuri slab productive cu conținut $<10 mg/kg P_2O_5$ (metoda Cirikov), au stabilit că la aplicarea dozei P_{480} s-a dublat recolta grâului de toamnă. Utilizarea fosforului din îngrășămintele minerale în primul an a constituit 8-12%, în total cu postacțiunea 38-50%. La conținutul de 10 $mg/kg P_2O_5$ în sol sporul de recoltă a

fost de 2.400 kg/ha, iar la doza P_{60} , cu conținutul de 25 mg/kg P_2O_5 , sporul s-a majorat nesemnificativ. Potrivit experiențelor Institutului Agrar din Harkov, Ucraina, pe cernoziomul carbonato-micelar cu aplicarea carbamidei în doza $N_{90}P_{90}K_{60}$, premergător porumb pentru boabe, sporul de recoltă al grâului de toamnă a fost 6.110 kg/ha boabe [159, p. 9-13].

Primele experiențe cu îngrășăminte minerale au fost efectuate în anii 1910–1916 prin stabilirea eficacității îngrășămintelor cu fosfor. În perioada 1953–1965 s-au desfășurat un șir de experiențe cu îngrășăminte pe diferite tipuri și subtipurile de sol. S-a constatat că din toate elementele nutritive, fosforul se conține în cantități minime, îndeosebi în cernoziomurile obișnuite și carbonatice. În 1957 acad. I. Dicusar și prof. A. Timoșenco, citați de S. Andrieș [12, p. 49-56], au generalizat rezultatele obținute prin experiențele la culturile de câmp. Rezultatele au demonstrat că în condițiile Moldovei din stânga Prutului fertilizanții asigură un spor în recoltă de 20-45%. Din 1965 până în prezent, în țară se efectuează cercetări în cadrul experiențelor de câmp de lungă durată, fondate pe cernoziomurile levigat, carbonatic și sol cenușiu de pădure.

V. Țiganoc [170, p. 138-140], a stabilit că la un conținut de humus de 2,8%, cernoziomul este asigurat cu 21 kg de fosfor pe sezon. În stratul arabil nefertilizat conținutul de fosfor mobil a constituit 159 kg/ha, cu coeficientul de utilizare de la 12% până la 20% datorită mobilității scăzute. Conținutul mediu în zona de sud a Republicii Moldova a constituit 1,6 mg P_2O_5 /100 g de sol (după Macighin). Pentru majorarea conținutului de fosfor mobil cu 1 mg în cernoziomul carbonatic trebuie aplicată doza P_{130} .

În prezent, pe terenurile agricole se introduc doar 30-40 kg/ha de îngrășăminte fosforice, care au micșorat gradul de asigurare cu fosfor mobil până la scăzut. Nefertilizarea cernoziomului cu fosfor în experiențele de lungă durată timp de 25 de ani a menținut nivelul de recoltă la 2.500 kg/ha boabe. Optimizarea nutriției cu NP a sporit recolta până la 5.000 kg/ha, cu aplicarea anuală a 40-50 kg/ha P_2O_5 . Aplicarea fosforului în doze mari a permis obținerea recoltelor înalte pe cernoziomul carbonatic, dar cu carențare de zinc, în special la porumbul pentru boabe.

1.2.4. Potasiul

A. Gransee [185, p. 74-79], este de părere că necesitatea de potasiu crește la grâul de toamnă odată cu aplicarea dozelor înalte de azot și fosfor. Stabilirea cantității adecvate de potasiu în sol este esențială pentru susținerea producției mondiale de alimente. Conferința inaugurală „Frontiers of Potassium Science” a evidențiat impactul potasiului asupra sănătății umane, intensificarea durabilă și abordarea „Nutrient Stewardship 4R” de a aplica îngrășămintele cu potasiu la momentul potrivit și în locul potrivit. S-a stabilit că îngrășămintele cu potasiu se aplică în mod obișnuit înainte de plantare, după plantare sau chiar ca spray foliar în timpul sezonului de

creștere pentru a trata deficiențele de nutrienți. Deși nu este o problemă când solurile sunt umede, potasiul poate deveni limitativ atunci când suprafața solului se usucă. Aplicarea potasiului este crucială pentru atenuarea stresului hidric și termic al culturilor. Reducerea decalajului dintre cercetarea academică și agricultura comercială a potasiului joacă un rol vital în îmbunătățirea atât a randamentului, cât și a calității culturilor agricole.

Rezultatele cercetărilor privind aplicarea îngrășămintelor cu potasiu în diferite doze timp de peste 30 de ani de la stațiunile experimentale din Changins, Ellinghausen și Oensingen din Elveția au stabilit două ipoteze: 1. conținutul de potasiu pe solurile cu textură nisipoasă în stratul de sol 0-20 cm depinde de cantitatea administrată; 2. solurile cu textură argiloasă suplinesc concentrația potasiului în straturile de sol 0-20 cm și 20-50 cm pe gradul optim de fosfor. Pe sol cu textură argiloasă pe nivelul critic dozele scăzute de îngrășămintă potasice acționează pozitiv în acumularea biomasei aeriene la grâul de toamnă [183, p. 63-82].

Potasiul neschimbabil în regiunea Polesiei pe solurile podzolice nisipoase are în componența mineralogică caolinit și montmorillonit, care nu asigură plantele cu potasiu schimbabil, fiind necesară fertilizarea suplimentară cu îngrășămintă potasice. În zona de sud a Ucrainei eficacitatea îngrășămintelor cu potasiu a scăzut din cauza compoziției granulometrice grele cu prezența formelor de K total și mobil ridicat. Pe solurile podzolice conținutul de K a fost de 1-4 mg $K_2O/100$ g de sol, iar în cernoziomurile obișnuite și sudice de 29-37 mg $K_2O/100$ g de sol (metoda Cirikov). S-a determinat că conținutul de potasiu a majorat diferențiat mărimea recoltei la grâul de toamnă. Doza K_{60} aplicată pe fond NP pe sol podzolic a sporit recolta cu 330 kg/ha, pe cernoziom argilo-iluvial – cu 400 kg/ha, pe cernoziom tipic cu – 210 kg/ha, pe cernoziomurile obișnuite și sudice – cu 130-150 kg/ha boabe. Bilanțul potasiului în soluri a devenit negativ, iar în zona de stepă în ultimii 10 ani deficitul lui a atins valoarea de 56,5 kg/ha, devenind acut. La fel, și fosforul a devenit factor limitativ în obținerea recoltelor [124, p. 38-45; 168; 206, p. 75-98].

Experiențele de lungă durată din cadrul IPAPS „N. Dîmo” au confirmat stabilitatea în timp a potasiului schimbabil în cernoziomul carbonatic. În zona de sud a țării conținutul de potasiu schimbabil în anul 1990 a constituit 32 mg $K_2O/100$ g de sol, clasificat cu grad de asigurare ridicat. Principala sursă de potasiu pentru plante este solul, care conține K de 5-50 de ori mai mult decât azot și de 100-200 de ori mai mult ca fosforul. Potasiul total în cernoziomul carbonatic constituie 1,3-2,5%. Conform cercetătorului P. Corduneanu (1978), rezervele în stratul de 1 m alcătuiesc 150-300 t/ha K_2O . Rezervele au rămas ridicate datorită compoziției mineralogice și granulometrice a solurilor, în cazul dat, texturi luto-argiloase și cantități de argilă. Atât în zona eurasiatică, cât și în țară cernoziomurile sunt cele mai expuse formelor de degradare sub acțiunea factorului antropic

[101, p. 34-44]. În opinia cercetătorului I. Krupenikov [132; 134], degradarea potasică sau „depotasificarea” a fost slab manifestată. Optimizarea nutriției minerale cu potasiu se efectuează prin cartarea agrochimică a solului. Totodată, autorul a considerat cernoziomurile micelar-carbonatice cele mai evolutive ca subtip. Fertilizarea cu potasiu se recomandă pe solurile nisipoase și erodate cu conținut de potasiu accesibil sub 15 mg K₂O/100 g de sol [8].

1.2.5. Influența îngrășămintelor minerale asupra umidității solului

Experimentele cercetătorului M.M. Soloduško, (2024) din Ucraina în zona de nord a stepei pe cernoziom obișnuit au avut ca scop studierea acțiunii gradului de asigurare cu umiditate în sol și a premurgătorilor: ogor negru, mazăre boabe și floarea-soarelui asupra recoltelor grâului de toamnă. Înainte de semănat și la desprimăvărare rezervele de apă productivă au fost bune în stratul de sol 0-100 cm și insuficiente la recoltare. Recoltele grâului de toamnă au fost înalte după mazăre boabe – 6.090 kg/ha, ogor negru – 5.820 kg/ha și floarea-soarelui – 4.290 kg/ha boabe. Diferența s-a observat la consumul de apă, la 1.000 kg boabe cel mai eficient s-a dovedit a fi premurgătorul mazăre boabe – 53,6 mm, ogorul negru – 57,7 mm și floarea-soarelui – 68,3 mm. În acest caz la grâul de toamnă s-a stabilit că eficacitatea agronomică a fost dependentă nu doar de precipitațiile atmosferice depuse până la semănat, ci și pe parcursul vegetației, iar în mare măsură, de premurgător [209, p. 84-91].

Problema privind creșterea rezistenței plantelor la secetă a fost studiată de renumiți cercetători. K.A. Timireazev, în lucrarea „Lupta plantei cu seceta”, a menționat: „La mulțimea factorilor externi, cu ajutorul cărora omul poate reduce neproductivitatea pierderilor de apă ale plantei, se referă înainte de toate aplicarea îngrășămintelor”. Academicianul V.R. Williams consideră, că umiditatea solului poate fi productiv utilizată doar în cazul asigurării optime cu elemente nutriționale. Profesorul Maximov, citat de M. Mațîna (1973), a menționat că în cazul asigurării cu elemente nutritive s-a majorat productivitatea transpirației plantelor [136]. În anii secetoși la culturile agricole de bază, inclusiv la grâul de toamnă, cea mai mare eficacitate a fost la aplicarea fosforului sau a fosforului-potasiu cu azot pe etape.

N. Sinițina și coautorii [154, p. 62-82], consideră că „apa este unul dintre factorii principali ai vieții plantelor”. Utilizarea eficientă a resurselor de sol pentru majorarea productivității plantelor poate fi luată în calcul și datorită resurselor de apă în combinație cu cantitatea de fertilizanti. Creșterea masei vegetale și formarea recoltei se face din contul umidității înșușite de plante. Această umiditate se numește productivă, care este un indice principal rezultat din interacțiunea condițiilor climatice, de sol, vegetație și agrotehnice. Umiditatea productivă determină rezervele de apă productivă. Cunoașterea umidității productive în stratul de sol de 1 m în calitate de indice

agroclimatic complex are scopul de a monitoriza condițiile de asigurare cu apă la grâul de toamnă. Cel mai mult aceste măsurări sunt necesare în fazele critice ale ontogenezei grâului, toamna după semănat și la desprimăvărare.

În zona cernoziomică rezervele de umiditate acumulate în stratul de sol 0-100 cm din iarnă și după finalizarea procesului de vernalizare la desprimăvărare permit a prognoza la grâul de toamnă numărul potențial de spice la 1 m.p., care diferă în fiecare an agricol. Insuficiența de umiditate în sol în sezonul de toamnă stopează dezvoltarea normală a plantelor de grâu, ceea ce reține faza de înfrățire cu consum ridicat de glucide [162]. Insuficiența de umiditate, în mare parte, se datorează evaporării fizice, care ajunge la 50% din total. În lunile martie – mai se consumă cel mai mare volum datorită creșterii intensive prin formarea organelor vegetative. Suplinirea rezervelor de umiditate are loc de la adâncimea 2-4 m prin franjul capilar ascendent. De regulă, în sezonul de toamnă, doar în stratul superior al solului se formează condiții de secetă. Primăvara, prin infiltrarea zăpezii și a precipitațiilor, se asigură plantele cu apă până la începutul vegetației active. Pe solurile sudice umectarea profilului în medie este de 1-2 m și 2-3 m adâncime pe cernoziomurile obișnuite. Consumul de apă la grâul de toamnă pe profilul solului are loc de sus în jos, astfel la mijlocul verii rezervele devin insuficiente și sunt asigurate din contul precipitațiilor. Măsurile de conservare a umidității solului, care să sporească eficacitatea îngrășămintelor, pot fi întreprinse prin crearea perdelor forestiere, culise din culturi prășitoare, tehnice, instalarea parazăpezilor. Pierderile de apă la evaporarea din sol pe ogorul negru, denumit și „rezervor de apă”, conduc la utilizarea umidității neproductive [29; 151, p. 91-102].

Conform studiilor asupra repartizării umidității pe profilul solului și a dinamici rezervelor de apă productivă pe cernoziomul carbonatic, Z. Sinchevici [155, p. 36-46], a stabilit că suplinirea rezervelor de apă în sol s-a făcut doar din contul precipitațiilor atmosferice. În anii secetoși rezervele de apă productivă în cernoziomul carbonatic au fost minime. Începând cu luna iulie, stratul de sol 0-10 cm, iar din august – noiembrie, și stratul de sol 0-60 cm au fost uscate. În stratul 0-200 de sol cm în perioada aprilie – noiembrie rezervele de apă s-au clasificat ca insuficiente. În general, partea cea mai uscată pe adâncimea profilului de 0-200 cm a fost stratul 0-60 cm de sol în luna iunie, cu rezerve scăzute.

Cercetările efectuate în anii 1962–1968 la stațiunile tehnico-științifice ale IPAPS „N. Dîmo” de către profesorul A. Atamaniuc [99], au stabilit că rezervele de umiditate depind de tipul genetic al solurilor. Cel mai bine au fost asigurate cu umiditate solurile cenușii de pădure, pe când cernoziomurile carbonatice au un grad foarte slab de umiditate productivă.

1.3. Influența îngrășămintelor minerale asupra recoltei și a calității grâului de toamnă

P. Kostîcev [128], menționa încă în 1893 că îngrășămintele cu azot acționează favorabil asupra cerealelor, în special asupra recoltei. Cercetătorul a indicat că în experiențele lui Hellriegel s-a observat cum recolta crește proporțional cantității de acid azotic introdus în sol până la o anumită limită de consum. S-a cercetat și influența îngrășămintelor cu azot asupra calității boabelor prin conținutul înalt de compuși azotici, care determină sticlozitatea. De asemenea, aplicarea acidului fosforic în sol a contribuit la sporirea recoltei odată cu mărirea dozelor de îngrășămintă. S-a constatat că plantele au nevoie de îngrășămintă cu fosfor atât timp până când în sol s-a suplinit insuficiența. S-a determinat că acțiunea acidului fosforic depinde de faptul dacă e introdus singur sau cu alte îngrășămintă, prin administrarea în doze diferite de îngrășămintă cu potasiu, acid fosforic și azot, mono-, duble și triple amestecuri. Experiențele cu potasiu, materializate și generalizate până în anul 1890 de către Märcher Max, au generat principala concluzie că utilizarea sărurilor cu potasiu nu a majorat recolta, iar la spicoase a grăbit coacerea deplină.

Cercetările pedologice de la institutul ucrainean din regiunea Poltava au demonstrat că la aplicarea dozei $N_{30}P_{30}K_{30}$ sub brazdă și între rânduri s-a obținut același nivel de recoltă la grâul de toamnă. Fertilizarea locală după arătură a sporit recolta cu 80-100 kg/ha boabe [166, p. 24-28]. Aplicarea îngrășămintelor a influențat cantitatea și calitatea recoltei. Îngrășămintele fosforo-potasice s-au introdus la lucrarea de bază sau în starter. Pe câmpurile cu nivel optim de fosfor doza recomandată a fost P_{60} , iar în cazul unui nivel ridicat se poate aplica o dată cu semănatul P_{15-20} . Îngrășămintele cu potasiu s-au administrat câte 60 kg/ha sub grâul de toamnă. Epocile de fertilizare cu azot au fost făcute înainte de semănat 40-50% la desprimăvărare în faza de înfrățire cu semănătoarea lângă rând, în fazele ieșirea în pai, înspicare foliar [150, p. 16-18].

În Republica Belarus, sistemul organo-mineral de aplicare a îngrășămintelor la grâul de toamnă a fost considerat cel mai eficient. Îngrășămintele organice s-au aplicat în primul rând pe solurile slab productive la cultivarea grâului de toamnă după predecesorii: ovăz, hrișcă, ierburi anuale. Dozele medii de îngrășămintă minerale sub grâul de toamnă pe podosoluri argiloase și argilo-nisipoase, solurile morenice au fost $(NP)_{70-90}K_{80-100}$ la un conținut mai mic de 100 mg P_2O_5 /kg sol și $K_2O < 80$ mg/kg. Conținutul de P_2O_5 și K_2O a variat între 301 și 400 mg/kg sol, dozele recomandate de fosfor și potasiu au fost mici, iar de azot au rămas aceleași, $N_{70-90}P_{15-20}K_{30-35}$, pentru o recoltă moderată de 3.100-4.000 kg/ha. Pentru obținerea unor recolte înalte – de 7.100-8.000 kg/ha de grâu de toamnă cu același conținut de fosfor mobil și potasiu schimbabil în sol,

dozele de îngrășăminte minerale constituie: $N_{120}P_{75}K_{110}$ și $N_{140}P_{90}K_{130}$, respectiv $N_{120}P_{35}K_{50}$ și $N_{140}P_{40}K_{60}$. Totodată, s-a observat că consumul de NK pe acest sol a fost înalt [131, p. 33-37].

N. Imnazarova [126, p. 46-49], efectuând cercetări științifice în perioada 2012–2014 în sudul Uzbekistanului, regiunea Est al Gissar, pe soluri gri-cenușii, în condiții de stepă, asupra grâului de toamnă de soiul „Krasnodar-99”, a constatat că eficacitatea nutriției minerale a sporit gradul de compactare al boabelor per spic, au crescut densitatea spicelor, lungimea tulpinilor și numărul boabelor. La varianta martor lungimea spicului a fost de 8,0 cm, la variantele $N_{150}P_{70}K_{50}$ și $N_{180}P_{90}K_{60}$ spicul a avut o creștere medie de 0,8-1,0 cm.

Alte cercetări, efectuate în Elveția, la stațiunile din Zürich-Rechenholtsz, cu soiurile de grâu Zenit, Zenta, Colibri, Arina, Walter, Tano pe diferite tipuri de sol, cu conținutul de humus 2-4%, au stabilit o corelație strânsă între N_{min} și recolta de boabe. Odată cu majorarea N_{min} de la 20 până la 120 kg/ha, recolta boabelor a sporit de la 6.000 până la 10.000 kg/ha la o nutriție optimă. În cazul primei nutriții minerale cu N_{30} recolta a fost de 4.000 kg/ha, iar la aplicarea dozei N_{40} – de 6.000 kg/ha boabe. În urma fertilizării minerale cu azot în fazele de înfrățire și la începutul înspicării grâului, dozele N_{30-50} au sporit recolta până la 7.000 kg/ha. Conținutul de proteină brută în boabele de grâu a constituit 13,5-18,6% la variantele fertilizate cu azot și la martor 10,4-14,9%. Sporul recoltei a fost determinat nemijlocit de densitatea plantelor [204, p. 102-112]. Cercetările din anii 2019–2022 în experiența monofactorială, cu doi factori, cu și fără fertilizanți de la Secuieni, România, efectuate de Andreea-Sabina Pintilie et al. (2023), au avut ca scop determinarea acțiunii îngrășămintelor asupra recoltei și a calității a zece soiuri de grâu de toamnă. Metoda de cercetare a prevăzut aplicarea a două procedee de fertilizare: în starter N_{36} , P_2O_5 – 92 kg/ha și primăvara N_{69} kg/ha. Rezultatele obținute au arătat că recolta medie a fost la soiul Pitar 7.108 kg/ha și la soiul Semnal – 8.442 kg/ha, iar la variantele fără îngrășămintă de la 6.201 kg/ha (Miranda) până la 7.669 kg/ha (Abund). Conținutul de gluten la varianta nefertilizată, soiurile Miranda și Pitar, a fost de 25,4-29,9% și la variantele fertilizate – 22,6-25,4%. Conținutul de proteină în boabele de grâu a variat între 12,7-14,6% și, respectiv, 11,5-12,7%. Astfel, odată cu obținerea recoltelor înalte au descrescut indicii calitativi în boabele de grâu [193, p. 346-349].

În experiența polifactorială de la stațiunea Dudeștii-Noi din România, montată în anul agricol 2022–2023 de cercetătorii D.C. Hetea, F. Crista, F. Imbrea, au fost studiați doi factori: A – 27 de varietăți de soiuri de grâu de toamnă; B – 3 doze de azot în formă nitrică: 120-150-170 kg/ha și amoniacală: 120-150-170 kg/ha. Rezultatele au arătat că, conținutul de proteină medie la martor – 12,9% – față de soiurile de grâu luate în cercetare a fost nesemnificativ. Referitor la interacțiunea „soiuri – îngrășămintă”, doza de azot amoniacal de 170 kg/ha s-a dovedit a fi cea mai eficientă, cu un conținut de proteină de 13,8% [187, p. 202-211].

Savantul român Gh. Budo (2001), a stabilit că pentru a forma 100 kg de boabe + paie, grâul de toamnă a consumat: 2,5 kg de N, 1,2 kg de P_2O_5 și 3,0 kg de K_2O [31]. În experiențele desfășurate în șase asolamente pe solurile din regiunea Stavropol cu fond de fosfor scăzut, pentru obținerea a 4.000-4.500 kg/ha boabe de grâu de toamnă cu sporirea fertilității solului s-a impus administrarea în sol a dozelor $N_{120}P_{60}$ și K_{60} [146, p. 4-12].

Prin acțiunea îngrășămintelor minerale în Ucraina în decursul a 12 cincinale în zonele de silvostepă, pe cernoziomuri profund humifere, la majorarea dozelor de la $N_{60}P_{60}K_{60}$ până la $N_{100}P_{100}K_{90}$ sporul de recoltă a crescut cu 730-990 kg/ha boabe. Recuperarea unui kilogram de boabe s-a micșorat de la 4,1 kg la doza aplicată $N_{60}P_{60}K_{60}$ până la 3,3 kg la doza $N_{100}P_{100}K_{90}$. În condiții de stepă, pe cernoziomul obișnuit cu umiditate insuficientă îngrășămintele minerale în dozele $N_{60-100}P_{60}K_{60-70}$ au sporit recolta cu 670-860 kg/ha boabe. Calitatea boabelor de grâu a fost influențată nesemnificativ de îngrășămintele minerale pe ambele subtipuri de sol [141].

Pe câmpurile experimentale ale Institutului de Agrochimie din Cracovia s-a cercetat influența aplicării sistematice a îngrășămintelor fosforice în doză P_{60} asupra regimului nutritiv. În condiții neirigabile, recolta grâului de toamnă la varianta $N_{120}P_{60}K_{60}$ a fost de 5.000 kg/ha, dublarea dozei P_{120} a majorat recolta și exportul de NPK [103, p. 8].

Experiențele incluse în rețeaua geografică a instituțiilor științifice din Rusia, în perioada 1970–1990, cu îngrășăminte minerale în diferite doze de azot, au indicat cel mai mare spor de recoltă la grâul de toamnă pe sol dernovo-podzolic. Eficacitatea îngrășămintelor cu azot la grâul de toamnă aplicate la fertilizarea de bază a fost testată la următoarele tipuri și subtipuri de sol: podosol, sol cenușiu de pădure, cernoziom levigat, tipic, obișnuit, sudic, micelar carbonatic, de luncă, sol castaniu și sol de munte brun de pădure. Pe majoritatea solurilor, excepție cel dernovo-podzolic, sporul recoltei la varianta N_{60} a fost scăzut, de 230-290 kg/ha. Doza N_{90} kg/ha a asigurat o creștere a sporului de recoltă de la 190 kg/ha pe cernoziomul obișnuit până la 1.120 kg/ha pe podosol. Dozele mari de azot – 120-150 kg/ha – au sporit nivelul maxim de recoltă a grâului de toamnă pe solurile: podosol, cenușiu de pădure și cernoziom levigat din Caucazul de Nord. Pe cernoziomul carbonatic din nord și nord-est, nutriția semănăturilor de grâu în timpul iernii a contribuit la majorarea nesemnificativă a recoltei – doar cu 10 kg/ha, recolta constituind 2.240 kg/ha boabe de grâu de toamnă. Conținutul optim de fosfor din sol a permis utilizarea rațională a dozelor de îngrășăminte cu azot și potasiu, eficiența lor a crescut pe solurile asigurate cu fosfor de 2-2,5 ori. Doza de potasiu pentru agricultura intensivă ar trebui să corespundă îndepărtării potasiului de pe solă. Acest lucru poate fi văzut din exemplul țărilor dezvoltate din Europa, unde pe soluri fertile dozele de îngrășăminte cu potasiu sunt „susținătoare” [160]. În Republica Belarus sistemul mineral în combinație cu paie pe sol dernovo-podzolic asupra recoltei, conținutului de

proteină și gluten a fost maxim: recolta – 6.860 kg/ha boabe, proteină brută – 12,9% și gluten umed – 25,7% [153, p. 57-70]. Cercetările din zona centrală a Caucazului de Nord în zonalitatea verticală de stepă, la premunte și munte la soiurile Bezostaia-1 (standard) și Nahodka asupra grâului de toamnă cu diferit grad de nutriție au demonstrat că îngrășămintele minerale, indiferent de soi, au influențat semnificativ productivitatea [167, p. 124-136].

Îngrășămintele minerale au majorat recolta, dar nu reprezintă unica sursă de asigurare cu elemente nutritive. Din experiențele polifactoriale ale institutelor științifice s-a stabilit că în Ucraina, Rusia și Republica Moldova, îngrășămintele minerale sporesc nivelul recoltelor cu 20-40% și 60-80% pe cernoziomuri, restul elementelor nutritive se asigură din contul fertilității solului. Eficacitatea azotului a crescut pe solurile slab productive în anii climaterici favorabili fără deficit de umiditate. Printre culturile care diminuează fertilitatea solului sunt spicoasele, care influențează destructurarea agregatelor agronomice valoroase ale solului. Masa aeriană și subterană a spicoaselor alcătuiește 1/3-1/4 din masa recoltată de boabe. Conform calculelor cercetătorilor M. Sidorov și N. Barașina (1966), citați de B. Boincean [113], 70-75% din masa totală s-au determinat în stratul arabil 0-20 cm de sol, cota-parte din masa totală a plantelor la grâul de toamnă – 50% – au constituit-o rădăcinile.

Cercetătorii I. Dicusar și I. Kaniveț [117, p. 3-19], încă în 1962 recomandau utilizarea îngrășămintelor în fosta RSSM, cu înfăptuirea unui plan de durată la folosirea îngrășămintelor minerale. Planul prevedea asigurarea necesităților de realizare a cotei propuse de producție globală care ar corespunde cantității și calității prin utilizarea îngrășămintelor cu efect maxim. Savașii au propus o schemă de fertilizare clasică a grâului de toamnă cu superfosfat granulat – 50 kg/ha la semănat și azotat de amoniu – 100 kg/ha la desprimăvărare. În acest caz la 1.000 kg de îngrășămintă se asigurau cel puțin 3.000 kg de boabe. În ce privește eficientizarea fertilizanților chimici, ei recomandă acordarea atenției la corectitudinea formării dozelor și corelațiilor de îngrășămintă adaptate la biologia plantei, nivelul de recoltă și condițiile de sol.

Pentru asigurarea securității alimentare a țării necesarul anual este de 345.000-400.000 mii kg de grâu alimentară și 500.000 mii kg de grâu furajer. Din păcate, în ultimii ani s-a observat o diminuare în creșterea recoltelor sub acțiunea fertilizării iraționale. Grâul de toamnă a fost caracterizat nu doar prin conținut ridicat de gluten, dar și prin calitatea lui. Boabele de grâu cu calități înalte se încadrează în grupa A, cu 14-16% proteină, raportul gliadină/gluteină de 68% la 32% [50, p. 30-32].

O cauză importantă a recoltelor scăzute este neaplicarea îngrășămintelor minerale în doze optime pe fiecare solă. Conform rezultatelor experimentale științifice, îngrășămintele minerale în doze optime au majorat producția grâului de toamnă cu 1.500-2.000 kg/ha, iar conținutul de gluten

în boabe s-a ridicat la 22-26% [3]. Actualmente starea fertilității efective a solurilor s-a înrăutățit considerabil din cauza că în ultimii 25 de ani îngrășămintele minerale în medie la 1 ha de teren agricol nu depășesc 50 kg/ha și cota culturilor leguminoase fixatoare de azot biologic a fost micșorată de 4-5 ori [16].

Soiurile de grâu de toamnă omologate în Republica Moldova au potențial de productivitate de 5.000-6.000 kg/ha în condiții neirigate și 7.000-9.000 kg/ha boabe pe solurile irigate. În condiții de producție potențialul lor este valorificat numai în mărime de 40-60%. Potrivit condițiilor medii multianuale de umiditate, pe solurile cu profil deplin se pot obține: în zona de nord 4.800 kg/ha, centrală – 4.400 kg și de sud – 3.500 kg/ha grâu de toamnă. Necesarul de elemente nutritive pentru obținerea acestor recolte corespunzătoare zonelor sunt: azot – 158, 145 și 115 kg/ha; fosfor – 58, 53 și 42 kg/ha; potasiu – 115, 106 și 84 kg/ha. Cernoziomurile cu profil deplin nefertilizate asigură plantele cu circa 80 kg de azot, 24 kg de fosfor, 80 kg de potasiu, care constituie 50% azot și fosfor, și 90% potasiu din necesarul grâului de toamnă. Aplicarea dozelor mari de azot toamna, pe lângă faptul că determină pierderi prin levigare, influențează negativ rezistența plantelor la iernare și polignire. Pe solurile fertile sau în cazul în care cultura premergătoare a fost o leguminoasă (lucernă, mazăre etc.), se poate renunța la aplicarea de toamnă a azotului. Dozele de toamnă ale îngrășămintelor cu azot la grâu sunt stabilite în funcție de cultura premergătoare și de rezerva de azot nitric în stratul de sol 0-60 cm [10, p. 124-127].

Eficacitatea azotului asupra recoltei a fost evidențiată de profesorul I. Konstantinov (1987), citat de S. Andrieș et al. [13, p. 51-54], în cercetările asupra influenței îngrășămintelor pe diferite subtipuri de cernoziom. El a stabilit că la aplicarea îngrășămintelor cu azot pe fond P_{40} , la grâu de toamnă s-a asigurat un spor în recoltă de 40-60% pe solurile erodate. În perioada 1979–1983, Secția Agrochimie a Institutului „N. Dîmo” a determinat eficacitatea îngrășămintelor pe cernoziomul carbonatic moderat erodat și pe sol cenușiu moderat erodat, stabilind un randament înalt al fertilizanților pe solurile cenușii erodate în comparație cu cernoziomurile erodate. Cercetările efectuate în anii 2006–2009 pe cernoziomul obișnuit moderat erodat din com. Negrea, r. Hâncești, au indicat o capacitate naturală de 1.600 kg/ha producție principală. Utilizarea îngrășămintelor cu N rămâne în continuare determinantă în majorarea recoltei.

Totodată, E. Moșanu și coautorii [73, p. 342-345], au avertizat asupra administrării iraționale a fertilizanților chimici cu azot, ce favorizează solubilizarea calciului din partea minerală a solului. Procesul are loc prin intermediul precipitațiilor abundente care levighează calciul la descompunerea din $CaCO_3$ și spală ioni de Ca^{2+} și Mg^{2+} pe profil până la pânza freatică.

Teoria nutriției minerale și a reîntoarcerii elementelor nutritive în sol după recoltare a contribuit la determinarea necesarului de elemente nutritive diferențiat pe culturile agricole.

Academicienii D. Davidescu și V. Davidescu [42, p. 252-259], au stabilit în baza teoriei nutriției minerale că nivelul recoltei depinde de rezerva de apă din volumul edafic al solului, interacțiunea solului cu alți factori meteorologici și agrotehnici. Toți acești factori influențează dinamica elementelor nutritive. Cantitatea medie de substanțe nutritive extrase din solurile României pentru grâul de toamnă la o recoltă de paie de 5.000 kg/ha constituie: N – 25 kg, P_2O_5 – 10 kg, K_2O – 45 kg; de semințe – 2.500 kg/ha – se va consuma: N – 60 kg, P_2O_5 – 38 kg, K_2O – 65 kg. Studiarea compoziției chimice la grâu oferă raportul aproximativ al necesarului de elemente nutritive în diferite faze de creștere și dezvoltare.

Fundamentarea teoriei nutriției minerale în anul 1840 de către chimistul și agronomul german Justus von Liebig [203], a demonstrat prin cercetări experimentale în laborator pe organele plantei cu ajutorul analizelor din chimia anorganică la *Ficus Australis*, că plantele extrag din sol ioni selectivi de elemente nutritive în anumite cantități. Înlăturarea elementelor nutritive din sol cu recolta l-a făcut să concluzioneze că scade fertilitatea solului. În urma generalizării datelor pe diferite culturi, autorul a ajuns la concluzia că reîntoarcerea elementelor nutritive cu gunoiul de grajd nu poate fi deplină și trebuie efectuată pe cale chimică pentru a suplini necesarul lor, în principal cu fosfor. Liebig a fost primul savant care a sintetizat superfosfatul simplu prin prelucrarea oaselor cu acid sulfuric, care a stat, împreună cu lucrarea sa, la originea dezvoltării industriei de producere a îngrășămintelor minerale în scop de echilibrare a regimului nutritiv.

Afirmația referitoare la teoria nutriției minerale și reîntoarcerea elementelor nutritive în sol se referă la un concept esențial în managementul fertilității solului și în optimizarea producției agricole, care presupune un ciclu continuu de absorbție, utilizare și reciclare a elementelor nutritive de către plante. Generalizarea datelor multianuale din experiențele de lungă durată de la Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca din România explică detaliat interacțiunea îngrășămintelor cu mai mulți factori sub mai multe aspecte.

1. Teoria nutriției minerale se referă la procesul prin care plantele absorb și utilizează elementele nutritive (macronutrienți precum N, P, K, Ca, Mg, S și micronutrienți ca fierul).

2. Reîntoarcerea elementelor nutritive în sol după recoltare se face din contul resturilor vegetale (tulpini, frunze, rădăcini), ce conțin elemente nutritive (azot, fosfor, potasiu etc.). Aceste elemente sunt treptat eliberate în sol pe măsură ce materia organică se descompune, contribuind astfel la reciclarea nutrienților, dar și la atenuarea și stabilizarea materiei organice și a carbonului în sol. Aportul de resturi vegetale este o componentă compensatoare a materiei organice, dar insuficientă din cauza fertilizării cu îngrășămintă minerale care intensifică procesul de humificare. În mod ideal, o parte din nutrienții extrași de plante din sol sunt returnați prin procesele naturale

de descompunere a resturilor vegetale, sau prin aplicarea de îngrășăminte organice ori minerale care pot ajuta la restabilirea nivelurilor de nutrienți în sol.

3. Determinarea necesarului diferențiat de elemente nutritive pentru culturile agricole se efectuează pentru fiecare cultură agricolă care are nevoi specifice de nutrienți, ce depind de soi sau de hibridul plantei, tipul solului, condițiile climatice și istoricul fertilizării. Cercetările multianuale din experiențele de lungă durată au confirmat că ponderea fertilității în formarea recoltelor este invers proporțională cu reacția plantelor la fertilizanti. La fel, în variantele fără și cu administrarea minimală de îngrășăminte, ponderea fertilității atinge 80-100% în formarea producției. În acest mod, are loc o nutriție de tip „minerit”, din contul rezervelor exhaustate din sol. Determinarea unui management optim în aplicarea îngrășămintelor poate atinge performanțele eficienței economice și tehnice, și contribuie la diminuarea în timp a dozelor substanțelor active exclusiv minerale în prevenirea impactului degradării calității recoltei, precum și la protecția mediului [2].

Acumularea elementelor chimice în sol se desfășoară ca două procese contrar opuse, aplicarea și exportul lor din sol [121, p. 354-358].

Studiile agrochimice locale au stabilit că pentru formarea a 1.000 kg de boabe grâu de toamnă consumă cantități considerabile de elemente nutritive, inclusiv: 33 kg de azot, 12 kg de fosfor și 24 kg de potasiu. Așadar, particularitatea principală a nutriției plantelor pentru formarea grâului de toamnă valoros și dur a constatat în consumul mai mare al azotului din sol și exportul lui din câmp în mărime de 45-55 kg/ha, în comparație cu grâul pentru furaj. S-a stabilit că pentru obținerea recoltelor de 4.500-5.000 kg/ha de calitate înaltă (conținut de gluten 26-28%), doza optimă de azot a variat în funcție de geneza solului și de premergător, de la 80-90 kg/ha pe cernoziomul carbonatic până la 90-110 kg/ha pe cernoziomul levigat și 110-120 kg/ha pe sol cenușiu [9, p. 119-121].

Aplicarea fosforului la lucrarea de bază a solului la grâul de toamnă a majorat recolta cu 310 kg/ha, în combinație cu azot recolta a sporit până la 580 kg/ha. Administrarea azotului a sporit recolta doar cu 20 kg/ha. Fertilizarea cu potasiu a fost inefficientă, însă cu NP recolta s-a majorat cu 680 kg/ha față de martor – 2.130 kg/ha. Din cele expuse s-a observat o legătură care este valabilă și astăzi pentru premergătorii grâului de toamnă [18, p. 83-86].

Exportul gospodăresc la grâul de toamnă în asolament de 10 câmpuri după porumb pentru boabe și siloz, conform datelor prezentate de C. Zagorcea [123, p. 220-227], în anii 1966–1978, pe cernoziomul carbonatic indica la martor: N – 32 kg/ha, P_2O_5 – 13 kg/ha și K_2O – 16 kg/ha. La doza maximă $N_{180}P_{360}K_{180}$ exportul gospodăresc a fost: N – 67 kg/ha, P_2O_5 – 27 kg/ha, K_2O – 37 kg/ha, iar la doza $N_{120}P_{240}$ a constituit: N – 61 kg/ha, P_2O_5 – 26 kg/ha, K_2O – 30 kg/ha, ceea ce

arată că potasiul este asigurat în continuare, în bună parte, din sol. Consumul de NPK la formarea a 1.000 kg de boabe de grâu de toamnă a fost de 61-75 kg pe fond fertilizat.

Influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă s-a cercetat pe cernoziomul levigat, soiul de grâu „Orbii”, la ICȘPTP „N. Dîmo”. A fost studiată eficacitatea diferitelor doze de azot pe fond $P_{60}K_{60}$. Recolta față de martor a sporit cu 410-470 kg/ha, fiind maximă – 740 kg/ha – în cazul raportului 2:1 de N:PK. Conținutul de gluten umed a crescut cu 2,9-3,6%. Masa a 1.000 kg de boabe la doza $N_{120}P_{60}K_{60}$ s-a majorat cu 3,2 g de boabe față de martor. Biosinteza masei organice la diferite nivele de nutriție a fost identică, doar diferă intensitatea acumulării masei organice. Acumularea substanței uscate a crescut de la faza de înfrățire până la înflorire. În funcție de condițiile de umiditate și nutriție, procesul de sinteză a masei organice la formarea a 100 kg de recoltă la martor a fost de 15 kg în faza de înfrățire, 28 kg – la ieșirea în pai, 92 kg – înspicare-înflorire și 247 kg – maturitate deplină [33, p. 180-181; 112, p. 68-79].

Cercetătorul Gh. Cesniak [171, p. 186-198], a relatat că acad. I. Dicusar (1968), a stabilit pentru formarea a 1.000 kg de boabe de grâu de toamnă un consum de 35-44 kg N, 17-23 kg P și 20-44 kg K_2O , în total 72-111 kg NPK. Necesarul pentru recolta de 4.000-5.000 kg/ha a alcătuit: N – 200 kg/ha, P – 85-115 kg/ha și K – 100-200 kg/ha. Conform datelor cercetătorului A. Donos de la Secția Agrochimie a IPAPS „N. Dîmo”, în perioada 1960–2000 a fost mobilizat azot per total: 1.678,5 mii de tone, 42 de mii de tone anual sau 122,5 kg/ha [46, p. 116-121].

Pentru sporirea productivității grâului de toamnă și asigurarea cu recolte înalte se impune monitorizarea stării agrochimice a solului și cunoașterea exportului elementelor cu producția culturilor agricole [58]. Grâul este cunoscut ca o plantă ce reacționează foarte bine la aplicarea îngrășămintelor chimice. Perioada critică pentru formarea recoltei o reprezintă intervalul semănat-ieșirea în pai [6;100].

Eficacitatea îngrășămintelor cu azot în doza N_{60} a avut efect optim pe cernoziomul levigat, solul cenușiu de pădure și solul castaniu. În solurile din zona uscată de stepă, dar cu regim al temperaturii solului scăzut, doza a constituit 40 kg N/ha din cauza proceselor microbiologice întârziate. Agrofondul de fosfor a trebuit menținut anual cu fosfor – 40-60 kg/ha, ceea ce a sporit recolta boabelor cu 300-600 kg/ha. În boabele grâului de toamnă conținutul de fosfor organic a constituit 90% și 10% mineral. Cercetările savantului german Matzelle [130], au arătat că fosforul poate fi însușit de rădăcini la o distanță maximă de 2 mm. Pe cernoziomul carbonatic slab erodat eficacitatea îngrășămintelor fosforice a scăzut concomitent cu majorarea conținutului de fosfor mobil în sol. Pentru determinarea dozelor de fosfor la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic cea mai eficientă metodă s-a dovedit a fi după Macighin. Potasiul s-a acumulat maxim în faza de înflorire și migrează de la frunzele bătrâne spre cele tinere, iar la recoltare o parte trece din nou în

sol. Pentru a obține boabe de calitate s-a optimizat nutriția minerală, îndeosebi cu azot, pe întreaga perioadă de vegetație. Grâul puternic cu conținut mai mare de 28% pe cernoziom carbonatic a fost fertilizat cu doze de N_{80-90} , pe cernoziom levigat – $N_{120-130}$ și pe sol cenușiu – $N_{130-150}$ kg/ha substanță activă [7, p. 6-8].

Conform Hotărârii de Guvern nr. 202 din 11 martie 2009, grâul de toamnă este considerat prețios dacă are următorii indici de calitate: cantitatea de proteină brută minimă: de la 10,5%, conținutul de gluten minim: 18%, calitatea grupei I-II, clasa a patra. Grâul puternic are un conținut mai mare de 14% proteină, gluten de la 28% până la 32%, calitatea I [53].

Randamentul de gluten umed ține de nivelul recoltei și de conținutul de gluten umed [163]. Nivelul recoltelor la grâul de toamnă depinde de starea nutrițională a solului și de asigurarea cu elemente nutritive [81, p. 34-41].

1.4. Concluzii la capitolul 1

1. În prezent, resursele funciare ale lumii continuă să se degradeze. Tehnologiile intensive provoacă eroziunea hidrică și eoliană, dezechilibrul absorbției nutrienților, salinizarea și pierderea materiei organice, destructurarea fizică și scăderea conținutului de nutrienți. Cele mai mari cantități de îngrășăminte cu NPK se aplică în țările din Europa precum: Belarus – 300 kg/ha, Slovenia – 245 kg/ha și Polonia – 200 kg/ha. În ansamblu, o bună parte din țările membre ale UE au redus sau au stabilizat consumul specific de NPK. Rata de aplicare la azot s-a majorat cu 8,4%, P_2O_5 și K_2O au scăzut cu 14,1% și 10,1%. Consumul specific de NPK în Republica Moldova constituie la N – 61,1 mii de tone, P_2O_5 – 21,1 mii de tone și K_2O – 9,0 mii de tone, la arabil revin 110,9 kg NPK/ha. Această cantitate de îngrășăminte este insuficientă pentru fertilizarea optimă a solurilor Republicii Moldova.

2. La evaluarea stării fertilității efective a solurilor de către Serviciul Agrochimic de Stat în baza a cinci cicluri de cartare agrochimică a principalilor indici agrochimici, s-a constatat că în zona de sud a Republicii Moldova suprafețele cu conținut de humus scăzut și foarte scăzut constituie 62,7%, cu fosfor mobil scăzut – 34,4%, cu potasiu schimbabil relativ optim – 30,2% și ridicat – 36,2%. Astfel, conform indicilor agrochimici, rezultă că procesul de dehumificare a solurilor se intensifică odată cu pierderea materiei organice și cu degradarea chimică continuă de nutrienți, în special azot și fosfor, ca rezultat, solurile devin slab productive.

3. Principalii factori limitativi în obținerea recoltelor înalte la grâul de toamnă sunt umiditatea solului și asigurarea cu elemente nutritive. Umiditatea productivă determină rezervele de apă productivă în stratul de sol de 1 m, ceea ce permite prognozarea recoltei pe parcursul fazelor fenologice. Conținutul de azot nitric și fosfor mobil este în prezent deficitar pe cernoziomul carbonatic. Au loc procesele de denitrificare și defosforizare. Din cauza capacității de nitrificare înalte în sol, grâul de toamnă înregistrează insuficiență de azot, care influențează nivelul recoltei. Nefertilizarea cu îngrășăminte minerale cu fosfor pe cernoziom carbonatic limitează nivelul recoltei la 2.500 kg/ha boabe. Majorarea producției se poate obține prin administrarea și sporirea eficacității îngrășămintelor minerale.

4. Conform datelor statistice, în ultimii 25 de ani, odată cu dispariția sectorului zootehnic, deformarea asolamentului și reducerea culturilor fixatoare de azot de 4-5 ori și a îngrășămintelor minerale la 50 kg/ha, recolta grâului de toamnă s-a menținut la nivelul de 2.610 kg/ha boabe. Potențialul genetic prognozat al soiurilor de grâu de 5.000-6.000 kg/ha nu se manifestă pe deplin din cauza fertilizării iraționale. Eficacitatea îngrășămintelor minerale privind productivitatea grâului de toamnă poate fi asigurată doar prin cercetări agrochimice complexe la nivel de sol – plantă – îngrășăminte individual pentru fiecare tip și subtip de sol.

2. CONDIȚIILE ȘI METODELE DE CERCETARE

2.1. Elementele principale ale experienței

Obiectul de studiu a fost amplasat la Stațiunea Experimentală pentru Pedologie și Agrochimie din satul Grigorievca, raionul Căușeni, care a fost fondată în toamna anului 1960, inițial în calitate de experiență, de către academicianul I. Dicusar în comun cu doctorul în agricultură B. Tulcinskaia [55]. Experiența de lungă durată este amplasată pe cernoziomul carbonatic din zona de sud a țării și ocupă o suprafață totală de 22,21 hectare.

Obiectivul de bază a constat în perfecționarea metodelor și procedeele de optimizare a regimurilor nutritive ale solurilor pentru obținerea recoltelor înalte. Coordonatele geografice: latitudine nordică – $40^{\circ}41'$, longitudine estică – $29^{\circ}21'$, altitudinea absolută – 121 m, relief de câmpie undulată cu înclinație spre nord-est $<1^{\circ}$.

Indicii agrochimici au fost determinați în trei faze fenologice: înfrățire, înflorire și maturitate deplină. Măsurările metrice și biologice au fost efectuate în șase faze fenologice: înfrățire, ieșirea în pai, înspicare, înflorire, lapte-ceară și maturitate deplină.

Probele de sol au fost prelevate cu sonda pedologică la adâncimile: 0-100 și 0-160 cm pe straturi consecutive de 20 cm, în trei faze fenologice, de pe 7 variante, în 2 repetiții. Variantele experienței: 1 – martor; 2 – $N_{120}P_{1,5}K_{60}$; 3 – $N_{120}P_{2,5}K_{60}$; 4 – $N_0P_{3,5}K_{60}$; 5 – $N_{60}P_{3,5}K_{60}$; 6 – $N_{120}P_{3,5}K_{60}$; 7 – $N_{180}P_{3,5}K_{60}$. Probele de plante au fost recoltate în șase faze fenologice de pe 7 variante în 4 repetiții.

Determinarea recoltei și a calității ei s-a efectuat pe 16 variante în 4 repetiții. De pe 7 variante s-au recoltat probe de plante aleatoriu în trei repetiții pentru determinarea azotului, fosforului și potasiului total în organele plantelor de grâu. Schema experienței a fost alcătuită din patru câmpuri, ordonată prin metoda de randomizare totală pe blocuri etajate (Anexa 2).

Tabelul 2.1. Schema experienței

Nr. var.	Varianta	Nr. var.	Varianta
1	Martor	9	$N_{120}P_{4,5}K_{60}$
2	$N_{120}P_{1,0}K_{60}$	10	$N_0P_{3,5}K_{60}$
3	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	11	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$
4	$N_{120}P_{2,0}K_{60}$	12	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$
5	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	13	$N_{120}P_{3,5}K_{120}$
6	$N_{120}P_{3,0}K_{60}$	14	$N_{30}P_{3,5}K_{60}$
7	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	15	$N_{90}P_{3,5}K_{60}$
8	$N_{120}P_{4,0}K_{60}$	16	$N_{180}P_{3,5}K_{120}$

Notă: $P_{1,5-4,5}$ mg/100 g de sol reprezintă nivelul de fosfor mobil în sol, format prin aplicarea îngrășămintelor cu fosfor.

Experiența propriu-zisă este compusă din patru câmpuri experimentale, pe care au fost montate variantele supuse cercetărilor agrochimice, și o experiență de producție. Suprafața totală a fiecărui câmp a fost de 0,64 ha, 16 variante în 4 repetiții. Forma unei parcele elementare este dreptunghiulară – 4 x 25 m, cu o suprafață totală de 100 m.p. (tab. 2.1 și Anexa 1).

Nivelele de fosfor au fost formate la aplicarea simultană a diferitelor doze de îngrășăminte cu fosfor și s-au menținut prin compensarea anuală a exportului.

Pe cernoziomul carbonatic s-a efectuat aratul de suprafață cu aplicarea îngrășămintelor în baza cartării agrochimice. Îngrășămintele minerale s-au administrat toamna prin combinare (amofos + clorură de potasiu) și la reluarea vegetației în fazele de înfrățire, ieșire în pai-înspicare cu azotat de amoniu. Asolamentul de câmp a fost alcătuit din următoarele culturi: mazăre boabe – grâu de toamnă – porumb pentru boabe și floarea-soarelui. Recoltarea probelor de plante a fost executată manual. La stațiune s-a cultivat soiul francez de grâu de toamnă „Sorrail”, omologat în 2014 în zona de centru și sud a țării, ca soi nearistat, cu talie joasă, capacitate de înfrățire destul de înaltă, tolerant la arșiță și secete, rezistent la boli fungice, ca grâu pentru panificație [32; 71].

2.2. Metodele de control al fertilității solului și plantelor

Analizele fizico-chimice s-au efectuat conform metodelor de cercetare și STAS-urilor existente în vigoare.

Pregătirea solului pentru analize fizico-chimice: Majoritatea analizelor s-au efectuat cu probe de sol uscat fărâmițat în piulița de porțelan și cernut prin sita cu diametrul de 1 milimetru.

Metodele de analize chimice ale solului:

1. Determinarea umidității solului (W, %) și a rezervelor de apă productivă (RAP, mm) prin uscare în etuvă la $t = 105^{\circ}\text{C}$ timp de 5-6 ore. STAS: 28268-89 [98].

2. Determinarea conținutului de humus după metoda lui Tiurin, modificată de Simakov. STAS: 26213-91 [23, p. 105-109; 59, p. 136-138, 172-174; 98].

La prepararea solului inițial pentru analiza humusului s-a acordat atenție extragerii și înlăturării minuțioase a rădăcinilor nedescompuse cu bagheta de ebonită și alte incluziuni. Ulterior proba de sol a fost turnată într-un mojar de agat și mojarată până la o pulbere fină. La determinarea conținutului de humus în laborator s-a utilizat metoda clasică indirectă prin oxidarea C din substanțele organice din sol cu bicromat de potasiu în acid sulfuric. Bicromatul de potasiu s-a folosit în exces în acid sulfuric cu adăugarea sării Mohr și a indicatorului redox. Conținutul de materie organică rezultă din cantitatea de bicromat de potasiu folosit pentru oxidare. Conținutul de humus s-a determinat indirect, prin multiplicarea conținutului de C_{organic} (principal constituent

al acestuia) cu factorul 1,7241, bazat pe conținutul procentual mediu de carbon în compoziția humusului ($100 : 58\% = 1,7241$) [23, p. 105-109; 59, p. 136-138, 172-174; 98].

3. Determinarea nitraților cu acid fenoldisulfonic, metoda lui Grandval-Laju. STAS: 26951-86 [98].

4. Determinarea fosforului mobil și potasiu schimbabil după metoda lui Macighin modificată de către ȚINAO. STAS: 26205-91 [140, p. 170-176].

Metodele de analize în plante sunt expuse mai jos:

1. Analiza expres a nitraților după metoda lui Țerling [122, p. 110-130; 138].

2. Determinarea masei substanței uscate: prin uscare în etuvă la $t = 60^{\circ}\text{C}$.

3. Determinarea umidității boabelor grâului de toamnă: prin uscare în etuvă la $t = 60^{\circ}\text{C}$ timp de 6 ore cu aducerea la umiditatea standard – 14%.

4. Determinarea masei a 1.000 de boabe.

5. Determinarea masei hectolitrică: STAS: 7861-74 [49, p. 121-145].

6. Determinarea cantității și calității glutenului umed prin spălare [127, p. 84-180].

7. Determinarea indicelui de deformare a glutenului umed (IDG). STAS: 9353-90 [127, p. 84-180].

8. Extragerea azotului, fosforului și potasiului total dintr-o singură probă prin calcinare cu acid sulfuric după Ginzburg [145, p. 29-30].

9. Determinarea azotului total după metoda lui Ginzburg [145, p. 29-30].

10. Determinarea fosforului total după metoda lui Deniges [139, p. 187-191].

11. Determinarea potasiului total după metoda fotometrului cu flacără [145, p. 29-30].

În sol au fost introduse următoarele îngrășăminte minerale:

- Azotat de amoniu (NH_4NO_3): N – 34%.
- Amofos ($(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$): N – 12%, P_2O_5 – 52%.
- Clorură de potasiu (KCl): K – 60%, Cl – 46% [175, p. 76-83].

Prelucrarea matematică a datelor de laborator a fost efectuată prin analiza de dispersie uni- și bifactorială, corelație și regresie liniară simplă și multiplă după (Dosphehov, 1968; 1979), [119; 120], și cu ajutorul softului Microsoft Excel 2019. Datele obținute din măsurările de laborator au fost prezentate sub formă tabelară și grafică atât în partea principală a tezei, cât și în anexe.

2.3. Condițiile meteorologice în perioada efectuării experienței

Teritoriul Republicii Moldova, în funcție de acțiunea factorilor climaterici, cuprinde trei zone agroclimaterice: de nord, de centru și de sud. Zona agroclimatică de sud se caracterizează prin insuficiență de umiditate, perioada vegetației active de 185-195 de zile. Perioada fără

înghețuri constituie 181-190 de zile, suma temperaturilor active $t > 10^{\circ}\text{C}$ constituie 3.200-3.400 $^{\circ}\text{C}$, cantitatea medie anuală de precipitații: 450-550 mm sau 300-400 mm în anii extremi de secetoși, coeficientul hidrotermic: $K = 0,5-0,6$. Repartiția geografică a regimului termic este influențată de relieful teritoriului. Repartizarea precipitațiilor pe teritoriul Republicii Moldova are loc după legitatea micșorării de la nord-vest – 606 mm (regiunea fizico-geografică I) spre sud-est – 492 mm (regiunea fizico-geografică IV). Cea mai mare cantitate de precipitații a căzut în perioada caldă, maximă în iunie – 240 mm, minimă – în octombrie, în anii secetoși – 3 mm [43].

Regiunea de sud se caracterizează prin condiții semiaride. Ecosistemele naturale și agroceozotele sunt vulnerabile la factorii climatici extremi, care intensifică procesul de deșertificare. Aceasta se manifestă prin deficit de umiditate acut, care conduce la dezechilibrul bilanțului de producție și consum din cauza secetelor frecvente. În urma analizei probabilității secetelor după intensitate, V. Potop, citat de V. Sofroni și A. Puțuntică [85, p. 84-93], a determinat în zona de sud pe sezoane următoarele tipuri de secete: primăvara – secetă slabă, ce se manifestă o dată la 4 ani, vara – o dată la 3 ani, toamna – o dată la 2 ani. Conform prognozei cercetătorilor V. Sofroni și A. Puțuntică, seceta va căpăta în viitor un caracter sistematic atât la nivel local, cât și global în contextul schimbărilor climatice. Intensificarea secetelor prin insuficiență de umiditate cu regim termic ridicat influențează starea culturilor de câmp în perioada primăvară-vară, care determină direct productivitatea. Trecerea pe viitor la agricultura de precizie va diminua impactul secetelor și va asigura stabilitatea securității alimentare [106, p. 24-30; 182, p. 515-526].

A. Tudorache și Gh. Ignat [90, p. 71-74], confirmă că schimbările climatice globale au intensificat periodicitatea secetelor. În Republica Moldova în anii 2003, 2007 și 2012 s-au înregistrat secete extreme pe întregul teritoriu.

Modelarea spațio-temporală a parametrilor climatici a fost aplicată prin metode statistice de spațializare în programul Excel. Descrierea informației climatice s-a efectuat cu ajutorul indicilor simpli de tipul: media aritmetică, abaterea față de medie, devierea medie la pătrat, deviația standard, coeficientul de variație, eroarea mediei aritmetice, precizia mediei aritmetice și valoarea standardizată. Distribuția indicilor climatici s-a axat pe evoluția lor în spațiu și timp [76].

Datele indicilor meteorologici inițiali, precum precipitațiile, temperatura aerului și umiditatea relativă, au servit ca material la baza caracterizării situației agrometeorologice în perioada agricolă 2014–2018 și aparțin exclusiv Serviciului Hidrometeorologic de Stat [84].

Sezonul de toamnă al anului 2014 s-a caracterizat prin temperatura medie lunară de +10,8 $^{\circ}\text{C}$, depășind norma cu +0,7 $^{\circ}\text{C}$, iar cantitatea de precipitații a alcătuit 159 mm, ce constituie 147% din abatere. Luna septembrie a fost caldă și uscată, în prima decadă a lunii temperatura aerului a fost cu 2,1 $^{\circ}\text{C}$ mai mare decât media multianuală, cantitatea medie de precipitații a alcătuit

40% din normă. În luna noiembrie cantitatea de precipitații a constituit 114 mm, depășind trei norme lunare sau 272% din normă. Sezonul de iarnă 2014–2015 a înregistrat o temperatură medie de +0,8°C, cu abatere de +2,3°C. Precipitațiile atmosferice au alcătuit 110 mm, cu 113% mai mult decât norma multianuală [96].

Pe parcursul anului agricol 2014–2015 depunerile atmosferice au constituit 442 mm, cu 59 mm mai mult decât media multianuală. Precipitațiile au căzut neuniform atât în perioada septembrie – martie, alcătuind 333 mm sau 145%, cât și în aprilie – iunie, însumând 109 mm sau 154% din normă (tab. 2.2).

Tabelul 2.2. Depunerile atmosferice în anii agricoli 2014–2018 [84]

Anul	Septembrie-martie		Aprilie		Mai		Iunie		Anul agricol	
	mm	Abateri, %	mm	Abateri, %	mm	Abateri, %	mm	Abateri, %	mm	Abateri, %
2014-2015	333	145	41	125	21	44	47	64	442	115
2015-2016	272	118	30	91	50	104	92	126	444	115
2016-2017	231	100	111	336	61	129	133	182	536	140
2017-2018	317	140	0	0	39	83	41	57	397	105
Media	288	126	46	138	43	90	78	108	455	119
Media multianuală	229	-	33	-	48	-	73	-	382	-

Temperatura aerului a fost de +11,2°C, cu o abatere de la media multianuală de +1,4°C. În perioadele repausului vegetativ și vegetației active, valorile termice au fost +5,8...+16,6°C, înregistrând abateri de la normă cu +1,7...+1,1°C (tab. 2.3).

Tabelul 2.3. Temperatura aerului în anii agricoli 2014–2018 [84]

Anul	Septembrie-martie		Aprilie		Mai		Iunie		Anul agricol	
	°C	Abateri, °C	°C	Abateri, °C	°C	Abateri, °C	°C	Abateri, °C	°C	Abateri, °C
2014-2015	5,8	1,7	11,0	0,8	17,4	1,2	21,3	1,4	11,2	1,4
2015-2016	7,1	3,0	13,6	3,4	15,6	-0,6	21,7	2,2	12,0	2,3
2016-2017	4,9	0,7	9,3	-0,9	16,1	-0,1	21,1	1,2	10,2	0,4
2017-2018	5,5	1,3	14,5	4,3	18,7	2,5	22,1	2,2	12,0	2,2
Medie	5,8	1,7	12,1	1,9	17,0	0,8	21,6	1,8	11,3	1,6
Medie multianuală	4,1	-	10,2	-	16,2	-	19,8	-	9,8	-

Ciclul de vegetație al grâului de toamnă a fost de 232 de zile, temperatura medie ponderată în anul agricol 2014–2015 a fost 8,0°C și umiditatea relativă a aerului anuală – de 68% (tab. A 3.4).

Pe parcursul anului agricol 2015–2016 cantitatea de precipitații depuse a fost de 444 mm, cu 59 mm mai mult față de media multianuală sau 115% din normă. Precipitațiile din perioada de repaus vegetativ au constituit 272 mm, cu 41 mm mai mult sau 118% față de normă. În perioada activă s-au depus 172 mm, cu 18 mm sau cu 10% mai mult decât norma medie. Regimul termic anual a constituit +12,0°C, cu +2,3°C mai mult decât media multianuală. În intervalul lunilor septembrie – martie și aprilie – iunie valorile termice au fost de +7,1°C și +17,0°C, abaterile mediilor constituind +3,0...+1,7°C (tab. 2.2 și tab. 2.3). Temperatura medie ponderată pe întregul ciclu de vegetație de 257 de zile a fost cea mai înaltă – de 9,4°C – din toți anii agricoli (tab. A 3.4).

Anul agricol 2016–2017 s-a caracterizat prin regim termic normal: +10,2°C, abaterea termică fiind de +0,4°C față de medie și cu cantități înalte de precipitații, 536 mm sau +153 mm ori 140% din normă. Temperatura medie a aerului atât din perioada rece, cât și caldă a constituit în teritoriu +4,9...+15,5°C, încadrându-se în limitele normei. Cantitatea de precipitații din aceeași perioadă a fost de 231-305 mm sau cu 1-152 mm mai mult, depășind media multianuală cu 100-199% (tab. 2.2 și tab. 2.3). Temperatura medie ponderată a grâului de toamnă pe un ciclu de vegetație deplin de 266 de zile a constituit 7,2°C (tab. A 3.4).

În anul agricol 2017–2018 precipitațiile au constituit 397 mm, cu 19 mm mai mult sau cu puțin peste 105% din normă. În perioada de repaus vegetativ al plantelor, precipitațiile au depășit norma cu 91 mm, constituind 317 mm sau 140%, iar în perioada vegetației active s-a înregistrat un deficit acut de precipitații: 72 mm sau 80 mm în total, circa 53% din media multianuală (tab. 2.2). Regimul termic anual a înregistrat valori de +12,0°C sau cu +2,2°C mai ridicat. De remarcat că în perioada vegetației active temperatura medie a constituit +18,4°C, cu vreme anormal de caldă, abaterea fiind de +3,0°C (tab. 2.2, tab. 2.3).

Pe durata ciclului de vegetație de 252 de zile al grâului de toamnă temperatura ponderată a constituit 8,4°C. Deosebiri majore s-au semnalat în sezonul de toamnă al anului 2017, cu precipitații de circa 103 mm, valoare aproximativă la limita normei – 98%, temperatura medie a avut valoarea termică de +11,8°C, mai mare cu +1,5°C (tab. A 3.7).

Condițiile agrometeorologice din anii agricoli 2014–2018 s-au caracterizat conform depunerilor atmosferice anuale astfel: primul an agricol (2014–2015) – secetos și puternic secetos, sezoanele primăvară-vară ale anului 2015, al doilea an (2015–2016) – umed moderat, al treilea an (2016–2017) – foarte umed și al patrulea an (2017–2018) – normal, dar foarte secetos în timpul verii. Perioada anilor agricoli 2014–2018 în medie a fost moderat umedă (tab. A 3.6).

Datele lunare obținute de la stația meteorologică Căușeni, conform regimului pluvial, au confirmat existența condițiilor de secetă. Lunile anului s-au caracterizat prin următoarele tipuri de secete: februarie – de la secetă extremă spre foarte puternică, în medie relativ normală; aprilie –

de la extremă spre foarte umedă sau umed moderată; iulie – de la extremă spre foarte umedă, fiind în medie normală; august s-a caracterizat prin cele mai severe secete, de la extreme spre foarte puternice, cu efect direct asupra lunii septembrie. În prima decadă a lunilor octombrie – decembrie, la fel, secetele au oscilat de la extreme spre umed moderat (tab. A 3.5).

În anii agricoli 2014–2018, patru luni din ciclul de vegetație al grâului de toamnă s-au caracterizat prin secete foarte puternice, care au acționat direct asupra fazelor critice, precum: formarea frunzei a treia – începutul înfrățirii, înfrățire – ieșirea în pai, lapte – lapte- Ceară, determinând dezvoltarea organelor vegetative, în special a organelor productive. Precipitațiile medii lunare în anii agricoli 2014–2018 au înregistrat abateri față de mediile multianuale, cele mai scăzute în lunile august – septembrie: -32...-18 mm și cele mai ridicate în octombrie-noiembrie: +19...22 mm (tab. A 3.8).

Comparativ cu mediile multianuale, în perioada anilor agricoli depunerile atmosferice au fost de +73 mm. Precipitații cu valoare minimă s-au înregistrat în luna aprilie – 0 mm și maximă în luna iunie – 133 m. Amplitudinea precipitațiilor atmosferice a variat de la 15 mm până la 131 mm (tab. A 3.2).

Temperaturile medii lunare au oscilat cu abateri de la -0,9°C în luna ianuarie și până la +3,1°C în luna februarie. Temperaturile medii anuale din perioada anilor agricoli au fost la limita de +1,5°C. Cercetările multianuale au demonstrat că temperaturile minime absolute sunt în lunile februarie: - 30°C și iulie: +7°C, maximele absolute la fel, ianuarie: +15°C și iulie-august: +39°C [94, p. 166-167].

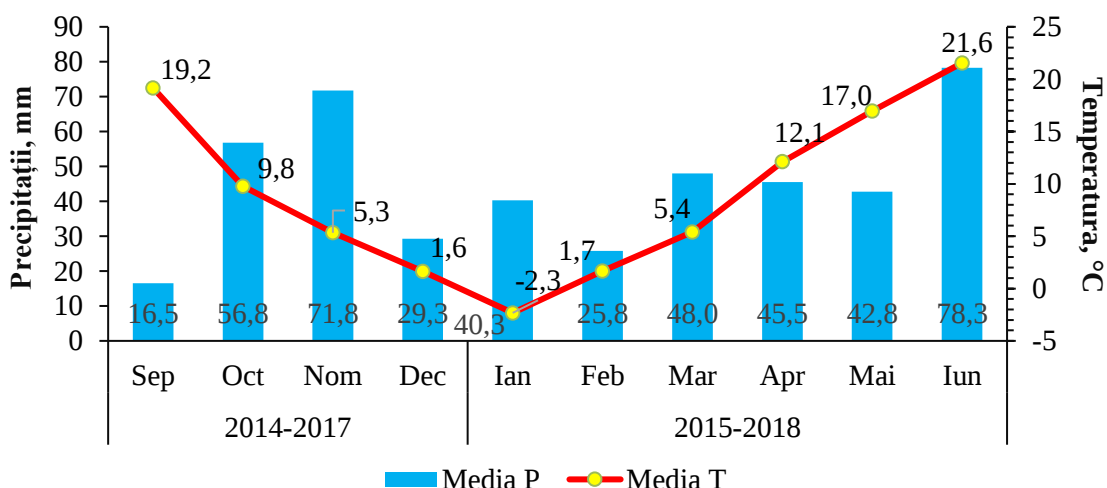


Figura 2.1. Climograma anilor agricoli 2014–2018, conform stației meteorologice Căușeni

Cea mai joasă temperatură medie a fost de -2,3°C în luna ianuarie. Temperaturile medii lunare cu abateri majore au fost stabilite în lunile septembrie: +19,2°C sau cu +2,9°C, februarie:

+1,7°C, cu o anomalie de +3,2°C, astfel s-au format condiții de secetă de diferite tipuri și proveniență, observate și în figura 2.1 de mai sus.

Conform studiilor multianuale asupra umidității relative, s-a stabilit că acestea prezintă interes la cunoașterea evaporării apei din sol. În sezonul de vară, lunile mai – iulie, umiditatea relativă a aerului din punct de vedere higrometric este uscată și constituie 44-50%. Zilele cu peste 80% de umiditate sunt în perioada rece a anului. Umiditatea relativă mai mică de 30% formează un aer foarte uscat în perioada caldă și cu durată de 5-9 zile consecutive, cu regim termic ridicat, are loc instalarea stresului termic la grâul de toamnă în fazele fenologice: înflorire, lapte sau lapte-țeară [158, p. 9-14].

Umiditatea medie relativă a aerului s-a încadrat în limita de 70% în patru ani agricoli (tab. A 3.1). În anii agricoli 2014–2018 temperatura minimă a fost în luna ianuarie – 4,4°C și maximă în august: +24,7°C. Ecartul de variație a oscilat de la -4,1°C în luna ianuarie până la +6,8°C în lunile februarie – martie (tab. A 3.3).

Studiile recente [74] efectuate asupra variabilității spațio-temporale a parametrilor climatici, precipitațiilor și temperaturii sezoniere au stabilit în zona de sud, pentru raionul Căușeni, anotimpul de toamnă: $P = 120-130$ mm, $t = +10,0...+10,5^{\circ}\text{C}$; iarnă – $P = 90-100$ mm, $t = -1,0...-0,5^{\circ}\text{C}$; primăvară – $P = 100-120$ mm, $t = +10,0...+10,5^{\circ}\text{C}$; vară – $P = 160-180$ mm, $t = +21,0...+21,5^{\circ}\text{C}$. Valorile medii anuale se încadrează în limitele $P = 500-550$ mm și $t = +10,0...+10,5^{\circ}\text{C}$. M. Nedelcov [74] a menționat că odată cu creșterea temperaturii s-a intensificat fenomenul de secetă și arșiță pentru sezonul de vară. În 2015 fenomenul de vânt fierbinte și foarte uscat, cu instalarea secetei, a depășit de 7-8 ori valorile medii multianuale la Căușeni. A crescut numărul lunar de zile cu arșiță de la 3-7 zile în anii 1961–1990 până la 10 zile în anii 1981–2010 în sudul țării. Asprimea iernii a slăbit față de perioada 1961–1990 cu 26 de zile și cuprinde în sud-est 69 de zile, iar durata iernii s-a scurtat cu 5 zile [75, p. 121-126].

Precipitațiile medii lunare în anii agricoli 2014–2018 au căzut neuniform. Lunile cu cel mai mare deficit de precipitații au fost: februarie – 10 mm; august – 32 mm, fiind și luna cu cea mai ridicată abatere negativă; septembrie – 18 mm și decembrie – 12 mm (tab. A 3.2). Pe parcursul anilor, în perioada de repaus vegetativ nu s-au înregistrat abateri negative. Însă în timpul vegetației active din anii agricoli 2014–2015 și 2017–2018 anomaliile au constituit 45 mm, respectiv 72 mm. Cu referire la depunerile atmosferice anuale, din cinci ani înregistrați patru ani au fost cu abateri negative: 2014, 2015, 2016 (-26...-44 mm) și 2018 (-16 mm). Excepție a făcut anul 2017, care a înregistrat un excedent de precipitații: +189 mm, benefic din punct de vedere agricol. Coeficientul de variație (CV) reprezintă indicele variabil dependent de cantitatea lunară de precipitații, care a variat de la 0,38% până la 2,21%. Pe parcursul anilor agricoli 2014–2018 CV a alcătuit 0,22% față

de 0,20% în cei cinci ani cercetați. Preciziile medii aritmetice lunare la precipitații se mențin înalt fluctuante în intervalul 22,00-98,91%. În anii agricoli 2014–2018 precizia a alcătuit 11,13% și 8,79% în toți anii de observații (tab. A 3.8). Temperatura medie lunară cu valoare negativă a fost în luna ianuarie: -2,0°C, cu o abatere de -0,9°C. Anomalii termice ridicate au fost înregistrate în lunile februarie, august (+2,8°C) și martie (+3,1°C). În perioadele de repaus vegetativ și de vegetație activă a plantelor abaterile nu au deviat semnificativ, valorile fiind de +1,6...+1,7°C. În mod deosebit s-a evidențiat anul agricol 2015–2016, cu anomalii de +2,8...+2,2°C. Variabilitatea spațio-temporală a precipitațiilor lunare a fost de 3,0-5,4 ori mai mare comparativ cu regimul de temperaturi lunare, legitate cunoscută la mediile anuale și multianuale. Precizia mediei aritmetice a fost foarte înaltă în lunile ianuarie – 50,26% și februarie – 134,11% din cauza valorilor termice extreme, iar în celelalte zece luni a variat în medie de la 3,81% până la 7,50% (tab. A 3.9).

Din analiza evoluției indicilor de variație la redarea variabilității spațio-temporale a precipitațiilor lunare comparativ cu regimul mediu lunar multianual s-a constatat o însemnătate sporită a depunerilor atmosferice, îndeosebi în lunile august – septembrie (16,6-22,2 mm), cu o evaporabilitate maximă de 11,6 ori mai mare în luna august. În lunile august – septembrie s-a înregistrat o secetă extremă, care a acționat direct asupra pregătirii patului germinativ cu deplasarea termenului optim de însămânțare a terenului la experiență (fig. 2.2).

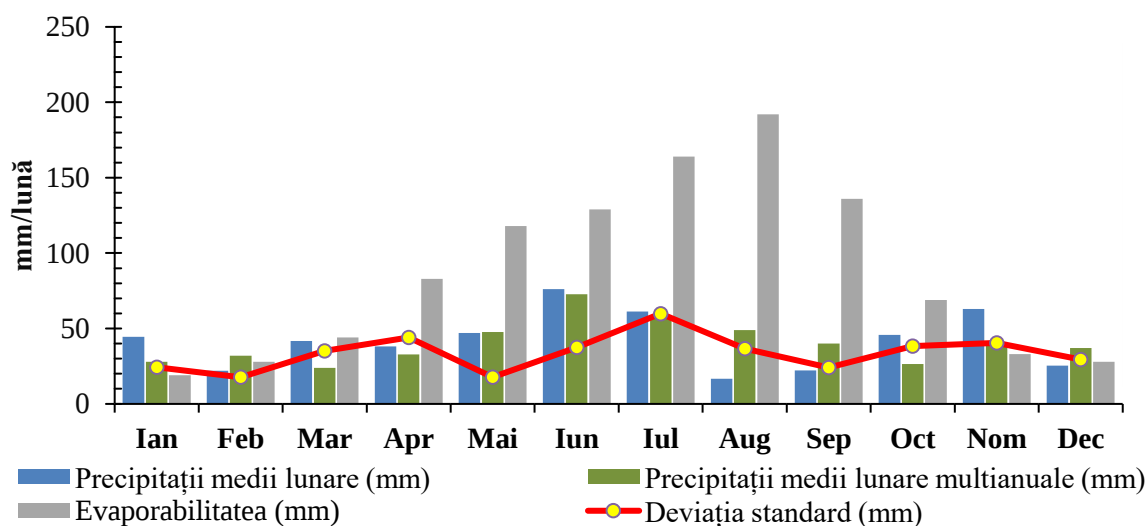


Figura 2.2. Cinetica precipitațiilor și evaporabilității în anii agricoli 2014–2018 la stația meteorologică Căușeni

În lunile de iarnă-primăvară valorile indicilor de variație au oscilat la precipitații în intervalul 22,0-44,4 mm. Evaporabilitatea lunară aproximativă de precipitații depuse – 19,0-44,0 mm – s-a datorat temperaturilor joase. În lunile de primăvară-vară cantitatea de precipitații a scăzut neuniform – 38,2-76,2 mm, dar a fost apropiată de medii. Totuși evaporabilitatea a depășit de 1,69-

2,51 ori mai mult depunerile medii lunare din cauza creșterii regimului termic cu instalarea valorilor extreme.

Evaporabilitatea medie lunară a crescut progresiv de la 30,0 mm în luna februarie până la 192,0 mm în luna august. Evaporabilitatea anuală a constituit 1043,0 mm, fiind de peste 19 ori mai mare comparativ cu suma anuală depusă (fig. 2.2, tab. A 3.5). Variabilitatea din anii agricoli 2014–2018 conform deviației standard a fost minimă în lunile reci (decembrie-februarie), de circa 17,7–29,4 mm, și maximă în lunile calde, aprilie-iulie, de 37,5–59,9 mm (tab. A 3.8).

Clasificarea climei conform indicelui Ivanov în intervalul anilor agricoli 2014–2018 a variat în funcție de cantitatea de precipitații anuale și a alcătuit 0,40–0,47. Indicele de umiditate a indicat zona cu insuficiență de umiditate. Excepție a făcut anul 2017, cu indicele Ivanov 0,65, încadrându-se în zona umed moderată de silvostepă. Media obținută – 0,48 – a confirmat încă o dată că cernoziomul carbonatic s-a format în condiții de stepă cu umiditate insuficientă.

Datele obținute referitor la indicele de ariditate de Martonne (IM), lunar și anual, expun gradul de ariditate al amplasării lotului experimental cercetat. Indicele de Martonne a indicat pe parcursul întregii perioade studiate pentru luna ianuarie o variabilitate de la o climă moderat umidă – 38,4 ce reprezintă zona de silvostepă, până la excesiv de umidă – 118,1. Valorile IM pentru lunile februarie-mai au oscilat de la condiții de deșert – 0,4 până la excesiv de umide – 69. În lunile de vară-toamnă, iunie-septembrie, starea climatică s-a agravat, iar condițiile climatice au oscilat de la aride spre semiaride, specifice zonei de stepă. Ultimele trei luni ale anilor studiați au indicat condiții climatice specifice zonelor de semideșert – 8,9 spre silvostepă – 95,7 excesiv de umidă.

Analiza valorilor climatice denotă că IM medii lunari au corespuns condițiilor de semideșert (luna august – 5,2) și excesiv de umide specifice zonei de silvostepă. Valorile indicilor anualii au constituit la de Martonne 23,4 și indicele Ivanov – 0,48, ce au stabilit o climă cu condiții semiaride specifică zonei de stepă (tab. A 3.5).

Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite în anul 2014 a descris cernoziomurile ca soluri cu profil profund humifer, acumulativ de materie organică, întunecate și bine structurate, cu referință la caracteristica și definirea lor în plan mondial. Cernoziomurile se diferențiază cu culoare neagră, pedalitate complicată, structură puternic stabilă în apă [196, p. 561–562; 571–572].

O altă definiție a cernoziomurilor ar fi că sunt soluri cu profil humifer de cel puțin 50 cm grosime, cu acumulări de carbonați care încep sub 30 cm sau de la suprafață ori sunt prezenți în stratul de sol 0–125 cm [34, p. 41–43]. Acestea se caracterizează cu profil de tipul: Ah-Bh1-Bh2–

BCh-Ck, ocupă 70% din suprafața formată în arealele de silvostepă și stepă. Conținutul de humus în orizontul Ap este 3-5%, Bh2 – 1%, raportul dintre acizii huminici și fulvici H:F > 1,5.

În cernoziomurile din zona de sud a Republicii Moldova s-a stabilit o ciclicitate în migrarea carbonaților ce se manifestă atât pe ani, cât și sezonier. Aportul carbonaților are loc în perioada rece a anului. S-a demonstrat că există o mobilitate de natură calcică la carbonați și o ascendență pe profil prin apa capilară în perioada secetoasă, cu exportul lor la umezirea profundă care corespunde procesului natural existent [111, p. 134-142]. Calciul se găsește în solurile necarbonatate și carbonatate lutoase în proporție de 1-3%, ce se datorează prezenței mineralelor argiloase fin dispersate. Specific solurilor din zona de stepă aridă, conținutul de carbonați este dublu prin acumularea secundară a calcitului sau a ghipsului în procesul de pedogeneză [207, p. 72-76].

Conform raionării pedogeografice, cernoziomurile carbonatice sunt întâlnite preponderent în Câmpia Moldovei de Sud la altitudinea predominantă de 120-180 m, pe terenurile cu înclinație 0-2°, care constituie 45%. Solurile predominante sunt cernoziomurile obișnuite și cele carbonatice. Solurile carbonatice, conform conținutului, formei, regimului și migrației sezoniere în partea superioară a carbonaților, au fost denumite „micelar carbonatice” de pedologul I. Krupenikov în anul 1967, citat de A. Ursu [93, p. 151-192]. Cercetările straturilor arabile ale cernoziomurilor carbonatice sub Valul lui Traian au demonstrat că condițiile de formare nu s-au diferențiat de actualul cernoziom carbonatic sub niciun nivel taxonomic [125, p. 28-30].

Conform figurii 1 din „Clasificarea solurilor Republicii Moldova și notele de bonitate” din Anexa nr. 3, în Regulamentul cu privire la conținutul documentației cadastrului funciar publicat în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 212-217 (1566-1571) din 26.11.2004, unitățile majore de soluri cu suprafețele și notele de bonitate clasifică cernoziomul carbonatic în clasa solurilor automorfe, tip – cernoziom, subtip – carbonatic. În baza referințelor mondiale (2006), grupul de referință este chernozem, calificativul – calcic. Suprafața totală globală are 21,7%, cu nota de bonitate 71 de puncte [52; 82, p. 88].

Cernoziomurile carbonatice de sud după situația ecologică sunt cele mai calde din toate cernoziomurile. Conținutul de humus constituie 3-4% în stratul de sol 0-20 cm. În cazul anilor ploioși, carbonații se spală pe profil cu formarea pseudomicelilor. Migrarea verticală de jos în sus a carbonaților are loc cu exportul lor și evoluează spre cernoziom obișnuit. Cernoziomurile micelar-carbonatice sunt cele mai evolutive în opinia cercetătorului I. Krupenikov [132]. Cernoziomurile carbonatice ocupă o suprafață totală de 654 mii ha sau circa 19,38% din teritoriul țării. Au o răspândire largă pe culmi și la poalele depresiunilor în stepa de sud. Sunt întâlnite pe terasele subluvice ale râurilor Nistru, Prut, ce se întind spre nord. După vârsta geologică sunt cele

mai tinere soluri, formate la altitudini de 40-180 m pe formațiuni lutoase forestiere sau ușoare. Sunt soluri uscate și calde, cu profil sărac, conținutul de humus în orizontul A – 3% și cu CaCO_3 la suprafață [165, p. 83-87].

Studiile efectuate în primăvara anului 2010 de cercetătorii V. Cerbari și A. Donos [35, p. 376-384], privind evaluarea impactului îngrășămintelor minerale asupra stării de calitate fizico-chimice a cernoziomului carbonatic de la stațiune au scos în evidență că acțiunea negativă îndelungată a factorului natural se manifestă prin: dehumificare, destructurare și compactarea excesivă. Cernoziomul carbonatic se caracterizează prin profil de tipul: Ahkp – Ahk – Bhk1 – Bhk2 – BCK1 – BCK2 – Ck . Profilul solului dispune de textură omogenă.

2.3.1. Caracteristicile fizico-chimice ale cernoziomului carbonatic

Relieful Republicii Moldova are un caracter deluros-văluos. Repartizarea terenurilor arabile în funcție de înclinația pantelor permite cultivarea culturilor prășitoare și cerealiere în zona de sud-est pe o suprafață de 84% din terenuri fără impact major asupra eroziunii. În zona de sud circa 57% din terenurile arabile au înclinația pantei $<3^\circ$, specifică lotului experimental. Per republică, cota terenurilor arabile cu panta $<3^\circ$ constituie 58%, $3-5^\circ$ – 36%, iar peste 5° – circa 6%. Suprafața culturilor prășitoare la ora actuală s-a dublat, a celor cerealiere a crescut de 1,5 ori, fiind excluse unele culturi din asolament odată cu intensificarea procesului de mineralizare a humusului, eroziunea de suprafață, eoliană, destructurare, compactare etc. [63, p. 35-45].

Conform datelor din Proiectul de instituire a monitoringului solurilor Republicii Moldova [35, p. 376-384], pe profilul cernoziomului carbonatic conținutul de apă higroscopică oscilează de la 4,6% până la 4,1% în stratul arabil și scade în roca parentală până la 3,0%, iar coeficientul higroscopic în straturile superioare alcătuiește 6,0%, cu o scădere de 0,5-0,6% în straturile inferioare (tab. 2.4).

Tabelul 2.4. Indicatorii agrofizici ai cernoziomului carbonatic [35]

Orizont genetic	Adâncimea	Apa higroscopică	Coeficientul de higroscopicitate	Densitatea	Densitatea aparentă	Porozitatea totală
	cm	%		g/cm ³		% v/v
Ahkp	0-10	4,6	6,0	2,62	1,17	55,3
Ahkp	10-32	4,1	6,0	2,62	1,24	52,7
Ahk	32-50	3,3	5,9	2,62	1,27	51,5
Bhk1	50-71	3,3	5,8	2,63	1,32	49,8
Bhk2	71-90	3,2	5,6	2,63	1,45	44,9
Bhk2	90-102	3,2	5,6	2,62	1,45	44,7
BCK1	102-120	3,2	5,5	2,66	1,45	45,5
BCK2	130-150	3,1	5,5	2,68	1,45	45,9
Ck	180-200	3,0	5,4	2,73	1,45	46,9

Densitatea aparentă se menține aceeași până la adâncimea de 102 cm, iar în straturile BCK1, BCK2 și Ck se majorează până la 1,45 g/cm³. În stratul de sol 0-50 cm densitatea se consideră optimă și satisfăcătoare până la roca parentală, iar porozitatea totală este interdependentă de densitatea aparentă. Conform însușirilor fizice, cernoziomul carbonatic are calități bune pentru creșterea culturilor agricole, îndeosebi a grâului de toamnă.

Cercetările demonstrează că stratul agronomic activ 0-50 cm are conținut moderat de humus, cu grosimea profilului humifer de 0-120 cm (tab. 2.5). Stratul de sol 0-50 cm are conținut mijlociu de 0,16% azot total și conținut scăzut de fosfor total, 0,12-0,14%. Pe profil raportul C:N este îngust, favorabil pentru eliberarea azotului.

Tabelul 2.5. Caracteristica însușirilor chimice ale cernoziomului carbonatic luto-argilos (s. Grigorievca, r. Căușeni) [35]

Orizont genetic	Adâncimea, cm	Humus, %	Azot total, %	Fosfor total, %	C:N	Formele mobile, (mg/100 g sol)			pH _{H2O}	CaCO ₃ , %	Cationii schimbabili, (me/100 g sol)		
						P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Suma
Ahkp	0-10	3,4	0,17	0,15	11,6	0,8	26	4,30	7,3	1,7	36,2	4,2	40,4
Ahkp	10-32	3,3	0,16	0,12	11,9	0,8	23	0,84	7,4	2,1	35,3	3,5	38,8
Ahk	32-50	3,1	0,16	0,12	11,2	0,6	15	0,52	7,6	5,0	33,5	4,0	37,5
Bhk1	50-71	2,5	0,15	-	9,7	-	-	0,30	7,7	8,1	32,4	4,4	36,8
Bhk2	71-90	2,2	0,13	-	9,8	-	-	0,30	7,8	10,0	31,0	4,8	35,8
Bhk2	90-102	1,2	-	-	-	-	-	0,40	7,8	14,3	28,7	4,2	32,9
BCK1	102-120	1,0	-	-	-	-	-	0,28	7,8	15,0	26,5	4,0	30,5
BCK2	130-150	0,7	0,04	0,07	10,1	0,4	10	0,30	7,8	15,1	26,0	4,2	30,2
CK	180-200	0,3	0,02	0,07	8,7	0,4	9	0,32	7,9	16,6	23,0	5,0	28,0

Conținutul de nitrați în stratul de sol 0-10 cm este foarte ridicat, 4,30 mg NO₃/100 g sol, din cauza acumulării resturilor vegetale la suprafață și a fertilizării cu îngrășămintă cu azot primăvara. În următorul strat se reduce până la 0,84 mg NO₃/100 g sol, menținându-se foarte scăzut până la roca parentală. Concentrația de fosfor mobil în stratul de sol 0-50 cm este foarte scăzută, 0,6-0,8 mg P₂O₅/100 g sol. Conținutul de potasiu schimbabil se caracterizează ca optim (25 mg/100 g sol) în stratul arabil și moderat, cu circa 15 mg K₂O/100 g sol, în cel subarabil. Reacția solului este slab alcalină. În stratul arabil se atestă un conținut scăzut de carbonați – 1,9% și crește încontinuu până la roca parentală – 16,6%. Suma cationilor schimbabili (Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺) constituie 40,4 me/100 g sol în stratul arabil și 37,5 me/100 g sol în cel subarabil și descrește până la 28,0 me/100 g sol în roca parentală.

2.4. Concluzii la capitolul 2

1. În urma sistematizării și analizei datelor agroclimatice obținute în zona de sud a Republicii Moldova, conform condițiilor agroclimaterice în decursul anilor agricoli 2014–2018 s-au atestat doi ani agricoli secetoși: 2014–2015 și 2017–2018, cu deficit de umiditate în lunile mai-iunie de 26-27 mm, respectiv 8-31 mm. Anul agricol 2015–2016 a fost relativ secetos, cu +2 mm și +19 mm mai mult față de normă, iar 2016–2017 – foarte umed, cu o depășire triplă a normei în luna aprilie și în lunile mai: +14 mm și iunie: +60 mm față de media multianuală în perioada de vegetație activă la grâul de toamnă. Conform regimului termic, anul agricol 2015–2016 s-a deosebit prin abateri peste norma multianuală în perioada de repaus vegetativ de +3,0°C și de vegetație activă de +1,7°C. Pe parcursul a trei ani agricoli temperatura nu a deviat semnificativ față de media multianuală.

2. Prelevarea probelor de sol și de plante la grâul de toamnă s-a efectuat în conformitate cu fazele fenologice selectate prin respectarea metodologiilor existente. În laborator probele de sol și de plante s-au analizat conform metodelor clasice de cercetare și STAS-urilor existente în vigoare. Monitoringul indicilor agrochimici cercetați în sol și acțiunea fertilizatoare a îngrășămintelor minerale asupra indicilor biometrici, biochimici, calitativi și cantitativi au urmărit evaluarea fertilității solului și a productivității grâului de toamnă.

3. Cernoziomul carbonatic se caracterizează prin însușiri fizice bune, fiind pretabil pentru cultivarea grâului de toamnă. Dintre însușirile chimice cel mai mult s-a diferențiat conținutul de humus cu un proces intens de mineralizare, cu fosfor mobil în straturile arabil și subarabil foarte scăzut. Reacția pe întregul profil este slab alcalină. Pe adâncimea profilului s-a observat migrarea carbonaților de sus în jos.

3. DINAMICA ACUMULĂRII MATERIEI ORGANICE ȘI A ELEMENTELOR NUTRITIVE LA GRÂUL DE TOAMNĂ

3.1. Acumularea materiei organice de către grâul de toamnă în funcție de nivelele de fertilizare

Pentru asigurarea creșterii normale a plantelor trebuie să cunoaștem atât cerințele lor nutriționale, cât și compoziția chimică. Grâul de toamnă în semințe conține 12-13% apă, substanță uscată: 87-88%, paiele alcătuiesc 16-20% apă și 80-84% substanță uscată [61]. Practicarea sistemului de agricultură intensivă la culturile agricole impune necesitatea efectuării analizelor de laborator, testarea în teren și analize chimice operative ale plantelor în câmp pentru a stabili diagnosticul stării actuale de nutriție și corectarea dozelor de îngrășăminte. Aplicarea unui sistem irațional de fertilizare poate cauza exces sau carență de micro- și macroelemente. Analiza vizuală a frunzei, specifică pentru toate culturile, este un indicator care poate arăta dereglările în nutriția plantelor pe parcursul vegetației. În cazul excesului de azot, în frunze se observă o culoare verde aprins, care în timp trece spre negru, rezultând necrozarea țesuturilor vegetale. Dacă frunzele sunt de culoare verde-deschis-gălbuie și are loc uscarea frunzei de la vârf spre bază și de la baza plantei spre vârf, atunci avem carență de azot. Excesul de fosfor accelerează maturarea plantei odată cu scăderea producției, iar la frunze apare cloroza ferică de culoare pală gălbuie și nervuri de un verde pronunțat. Nuanțele maro, violet sau negru, iar în partea inferioară a frunzei de bronz, indică o carență de fosfor. Cu referire la excesul de potasiu, pe frunze se observă o culoare galbenă palidă și pe vârfuri la frunzele bătrâne apar arsuri apicale și marginale din cauza deficienței de magneziu și calciu. Simptomele carenței de potasiu la frunze se determină prin nuanțe verde-închis și apoi brună, marginile frunzelor se decolorează până la necrozare și se brunifică. Frunzele mature se ofilesc sau se usucă [51].

În zona cernoziomică factorii limitativi la obținerea recoltelor înalte sunt nivelul de nutriție și rezervele de umiditate din sol, care influențează procesul de biosinteză a materiei uscate [156].

Rezultatele cercetărilor asupra parametrilor biometrici și calitativi la grâul de toamnă în anii agricoli 2014–2018 au fost axate pe partea aeriană a masei vegetale verzi și uscate. În faza de înfrățire, la varianta nefertilizată plantele au avut înălțimea de 14,0 cm. Coeficientul de înfrățire sau numărul mediu de frați care au fost formați la o plantă a constituit 1,2. Conținutul de NO_3 a fost de 0,6 puncte sau 17 mg/kg masă verde de nitrați. La nivelele de nutriție $\text{N}_{120}\text{P}_{1,5-2,5}\text{K}_{60}$ înălțimea plantelor a crescut cu 2,5 cm și 1,0 cm, coeficienții de înfrățire au constituit 1,3-1,4 frați. La conținutul de nitrați 1,1-1,3 puncte, cantitatea de NO_3 în masa vegetală verde a fost mai ridicată cu 15-23 mg NO_3 /kg de masă verde. Cantități maxime de producții vegetale verzi au fost la nivelele

de nutriție $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$, înălțimea plantelor în medie a crescut cu 4,5 cm și 4,0 cm. La aceleași nivele menționate, coeficienții de înfrățire au constituit 1,4-1,5 frați și cu 1,8-2,0 puncte ce prezintă dozele $N_{120-180}$ kg/ha cu 42-50 mg NO_3 /kg masă verde.

În faza de ieșire în pai plantele au crescut până la 25,0 cm la martor, masa vegetală s-a majorat de 4,5 ori față de faza de înfrățire, coeficientul de înfrățire: 1,3 frați, conținutul de nitrați: 2,2 puncte sau 84 mg NO_3 /kg masă verde. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a influențat creșterea plantelor în înălțime cu 10,0 cm mai mult față de martor, coeficientul de înfrățire a constituit 2,1 frați, conținutul de nitrați – 2,8 puncte și cu 50 mg NO_3 /kg masă verde mai ridicat decât martorul (tab. 3.1).

**Tabelul 3.1. Influența fertilizării asupra biometriei grâului de toamnă.
Valorile medii în anii 2014–2018**

Varianta	Înălțimea plantei, cm	Masa vegetală verde la 100 de plante, g	Coeficientul de înfrățire	Conținutul de NO_3 , puncte	Cantitatea de NO_3 , mg/kg masă verde
Înfrățire					
Martor	14,0	28,8	1,2	0,6	17
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	16,5	49,1	1,3	1,1	32
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	15,0	61,7	1,4	1,3	40
$N_0P_{3,5}K_{60}$	16,5	41,5	1,2	0,8	22
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	17,0	67,7	1,4	1,6	51
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	18,5	75,2	1,4	1,8	59
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	18,0	72,5	1,5	2,0	67
Ieșire în pai					
Martor	25,0	130,8	1,3	2,2	84
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	30,0	362,4	1,9	3,1	153
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	35,0	448,1	2,1	2,8	134
$N_0P_{3,5}K_{60}$	30,0	290,7	1,6	1,7	55
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	35,5	429,3	2,5	3,0	151
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	40,5	611,7	2,9	3,6	165
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	42,5	603,2	3,0	3,7	167
Înspicare					
Martor	42,0	256,7	1,3	0,7	20
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	49,5	831,8	1,9	1,7	55
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	54,5	1039,2	2,4	1,8	59
$N_0P_{3,5}K_{60}$	45,5	648,1	1,7	1,0	28
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	64,0	822,4	2,0	2,0	67
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	62,5	741,4	2,2	2,4	101
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	58,0	945,5	2,5	2,4	101

La nivelul de nutriție $P_{3,5}K_{60}$ s-au majorat toți parametrii biometrici, în schimb cei calitativi au scăzut cu 0,5 puncte, iar cantitatea de NO_3 a fost mai mică decât la martor cu 29 mg NO_3 /kg masă verde. La nivelele de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a crescut înălțimea plantelor cu 15,5 cm, respectiv

N₁₈₀P_{3,5}K₆₀ cu 17,5 cm. La aceste nivele coeficienții de înfrățire au constituit 2,9-3,0 frați. Conținutul de nitrați s-a apreciat cu 3,6-3,7 puncte, iar cantitatea de nitrați acumulați s-a majorat cu 81-83 mg NO₃/kg de masă verde.

În faza de înspicare grâul de toamnă la varianta martor a avut următorii parametri: înălțimea plantei – 42 cm, coeficienții de înfrățire – 1,3 frați, conținutul de nitrați s-a micșorat până la 0,7 puncte și cantitatea de NO₃ a descrescut până la 20 mg/kg masă verde. La nivelele de nutriție N₁₂₀-180P_{3,5}K₆₀ s-au constatat creșteri în înălțimea plantelor cu 21,0 cm, respectiv 16,0 cm, coeficienții de înfrățire s-au stabilit între 2,2 și 2,5 frați, conținutul de nitrați a fost identic între nivele de 2,4 puncte, iar cantitatea de NO₃ s-a majorat cu 81 mg/kg masă verde.

La nivelul de nutriție N₁₂₀P_{2,5}K₆₀ coeficientul de înfrățire a crescut datorită cantității maxime acumulate de masă verde, însă majorarea nivelului de fosfor mobil până la 3,5 mg/100 g de sol pe fond K₆₀ a determinat scăderea cantității de nitrați în plante în faza de înspicare. Aplicarea îngrășămintelor a menținut concentrația de NO₃ în plante de circa 3-5 ori mai ridicată.

Fertilizarea grâului de toamnă în anul 2016 a indicat o acumulare de masă organică în faza de înfrățire la 100 de plante uscate de 7,2-9,3 g și de 4,1 g la martor. În anul 2017 la martor s-au acumulat 4,0 g și 6,3-6,7 g, corespunzător. În faza de înspicare la variantele cu îngrășămintă s-au acumulat în medie pe doi ani cu 2,6-4,3 ori mai multă masă organică decât la martor. În celelalte faze de dezvoltare diferența în cantitatea de biomasă se menține constantă. Studiile au demonstrat că în procesul de acumulare a substanței uscate diferența între variantele martor și cele fertilizate s-a păstrat pe întreaga perioadă de ontogeneză [181, p. 119-123].

În anii agricoli 2014–2018 biosinteza medie a masei vegetale a fost la martor 29 g/100 plante verzi, care reprezintă 6% din total. Pe nivelul de nutriție N₁₂₀P_{1,5}K₆₀ conținutul de masă verde s-a diminuat până la 5% din total sau 170% față de martor din cauza dozei ridicate de azot cu insuficiență de fosfor mobil în sol. Bioacumularea masei verzi pe nivelul de nutriție N₀P_{3,5}K₆₀ de 4% din total și 67% față de martor s-a datorat conținutului de fosfor mobil de 3,5 mg/100 g de sol, care a mobilizat azotul existent în sol din zona radiculară. La dozele 60-120-180 kg N/ha pe nivelul de nutriție P_{3,5}K₆₀ conținutul masei verzi a constituit 7-8% din total și 48-60% față de martor (tab. 3.2).

În faza de înspicare la martor s-au acumulat 257 g/100 plante masă verde sau 52% din total. La aplicarea îngrășămintelor minerale acumularea masei verzi a variat de la 70% din total sau 62% față de martor la nivelul de nutriție N₀P_{3,5}K₆₀ până la 93% sau 128% comparativ cu varianta nefertilizată la N₁₈₀P_{3,5}K₆₀. Nivelul de nutriție N₁₂₀P_{2,5}K₆₀ a fost unicul care a atins cantitatea maximă. Conform tabelului 3.2, cea mai ridicată cantitate de masă vegetală s-a sintetizat în faza

de înflorire. În această fază masa vegetală aeriană a grâului de toamnă la varianta martor a ajuns la 496 g/100 plante, iar la cele fertilizate, practic s-au dublat (tab. 3.2).

Tabelul 3.2. Dinamica acumulării masei verzi a 100 de plante de grâu în diferite faze de dezvoltare. Valorile medii ale anilor 2014–2018

Varianta	Faza fenologică					
	Înfrățire	Ieșirea în pai	Înspicare	Înflorire	Lapte-ceară	Maturitate deplină
	Grame					
Martor	29	131	257	496	299	162
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	49	362	832	971	505	219
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	62	448	1039	850	477	212
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	41	291	648	931	522	204
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	68	429	822	896	511	232
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	75	612	741	1015	539	230
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	72	603	945	1016	510	219
% din total						
Martor	6	26	52	100	60	33
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	5	37	86	100	52	23
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	6	43	100	82	46	20
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	4	31	70	100	56	22
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	8	48	92	100	57	26
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	7	60	73	100	53	23
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	7	59	93	100	50	22
% față de martor						
Martor	100	100	100	100	100	100
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	170	277	324	196	169	135
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	126	124	125	88	94	97
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	67	65	62	109	110	96
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	163	148	127	96	98	114
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	111	142	90	113	106	99
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	96	99	128	100	95	96

În anii agricoli 2014–2018 masa substanței uscate la martor a alcătuit în faza de înfrățire 6 g/100 plante sau 3% din total. Fondul scăzut de fosfor sau lipsa azotului a condus la o acumulare mult mai redusă a masei uscate – 3% din total. Fertilizarea diferențiată cu N pe nivelele de fosfor mobil P_{2,5-3,5} a majorat sinteza substanței uscate cu 1-2%. În faza de înspicare varianta nefertilizată a acumulat 69 g/100 plante din masa substanței uscate (m. sub. usc.) sau 37% din total. Fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășăminte minerale a contribuit la acumularea a 57-92% de substanță uscată raportat la nivelul de nutriție, ceea ce a însemnat 315% sau 90% față de martor (tab. 3.3).

Masa substanței uscate la martor a constituit 185 g/100 plante în faza de înflorire, ajungând la maxim precum nivelele fertilizate, excepție fiind nivelul de nutriție N₆₀P_{3,5}K₆₀ – circa 94% din total. Luând în considerare raportarea mărimii recoltelor principale la recolta martorului, s-a

observat că la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ cantitatea de substanță uscată a fost cea mai mare – a crescut de 1,9 ori, iar recolta de 1,6 ori (tab. 3.3).

Tabelul 3.3. Dinamica acumulării masei substanței uscate a 100 de plante pe faze de dezvoltare. Valorile medii ale anilor 2014–2018

Varianta	Faza fenologică					
	Înfrățire	Ieșire în pai	Înspicare	Înflorire	Lapte-ceară	Maturitate deplină
	Grame					
Martor	6	28	69	185	173	147
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	10	72	217	343	301	197
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	12	90	273	296	287	191
$N_0P_{3,5}K_{60}$	9	59	175	321	278	185
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	15	88	227	304	322	210
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	17	111	204	358	337	207
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	16	103	252	357	300	198
% din total						
Martor	3	15	37	100	93	79
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	3	21	63	100	88	58
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	4	30	92	100	97	65
$N_0P_{3,5}K_{60}$	3	18	55	100	87	58
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	5	27	70	94	100	65
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	5	31	57	100	94	58
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	4	29	71	100	84	56
% față de martor						
Martor	100	100	100	100	100	100
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	170	256	315	185	174	135
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	119	124	126	86	95	97
$N_0P_{3,5}K_{60}$	70	65	64	108	97	97
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	169	150	130	95	116	114
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	114	127	90	118	104	99
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	94	93	123	100	89	96

Totuși, în contrariu vine nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, cu cea mai scăzută sinteză de substanță uscată – de 1,6 ori, iar conform recoltei, de 1,6 ori a depășit varianta martor. În faza de maturitate a fost stabilită la un nivel sau chiar a fost depășit de nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$.

Analiza vizuală și de laborator a masei verzi a indicat că la varianta martor în faza de înfrățire plantele au fost slab înfrățite, cu nuanță pală a frunzelor, spre deosebire de nivelele fertilizate (fig. A 11.1). În faza de ieșire în pai plantele s-au diferențiat față de martor la următoarele nivele de nutriție: $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ și $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ (fig. A 11.2). În faza de înspicare nivelele fertilizate cu NPK au reprezentat cele mai ridicate producții de masă vegetală, cu culoarea frunzelor de verde-închis. La martor și nivelul cu PK s-a încetinit creșterea și apariția spicelor false (fig. A 11.3). În faza de înflorire atât varianta nefertilizată, cât și nivelul $P_{3,5}K_{60}$, s-au deosebit față

de fertilizarea cu NPK prin plante neuniforme după înălțime și dezvoltarea spicului, în principal a spiculețelor (fig. A 11.4).

În imaginile prezentate în anexe se observă că varianta martor, comparativ cu nivelele fertilizate, a cedat după înălțime și după culoarea tulpinilor, care au fost verzi-deschis. Acest fapt indică dereglarea circulației sevei brute și elaborate în celule cu grăbirea spre faza de ceară, datorată încetării absorbției asimilatelor în nutriția minerală. Nivelele fertilizate cu îngrășămintele au avut tulpini verzi, dar intensitatea culorii spre verde-închis a fost determinată de mărimea dozei de azot și de nivelul de fosfor mobil (fig. A 11.5).

În faza de maturitate deplină plantele au avut înălțimi mai mici la varianta martor și la nivelul de nutriție $P_{3,5}K_{60}$ decât la cele tratate și cu azot (fig. A 11.6). Fertilizarea cu NPK a indicat la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$ înălțimi identice.

Producția de masă vegetală uscată obținută la grâul de toamnă în faza de maturitate deplină în anul agricol 2014–2015 a acumulat cea mai scăzută cantitate de biomasă din toți anii cercetați. Varianta martor a acumulat 2.065 kg/ha, fertilizarea minerală a majorat proporțional cantitatea de biomasă în funcție de nivelele de nutriție cu NPK de la 1.277 kg/ha sau de 1,62 ori mai mult la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ până la 2.831 kg/ha sau de 2,37 ori mai mult la nivelul $N_{180}P_{3,5}K_{60}$. Cauza care a determinat biosinteza masei uscate minime față de ceilalți trei ani agricoli cercetați rezidă în rezervele de apă productivă insuficiente în sol și temperaturile extreme cu vânturi uscate prin provocarea stresului termic la plante. Aceleași tendințe s-au observat în anul agricol 2015–2016, martor – 6.511 kg/ha – și a crescut la fertilizarea cu NPK de la 1.733 kg/ha sau de 1,27 ori mai mare la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ până la 3.411 kg/ha sau de 1,52 ori mai mare la nivelul de nutriție $N_{180}P_{3,5}K_{60}$. Cantități maxime de biomasă au fost obținute în anul agricol 2016–2017: circa 8.908 kg/ha la martor, la $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ a acumulat cu 5.902 kg/ha sau de 1,66 ori mai mult, iar la $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ biomasa s-a majorat cu 4.089 kg/ha sau de 1,46 ori. În anul agricol 2016–2017 biosinteza maximă a masei uscate la toate nivelele de nutriție minerală s-a datorat factorilor climatici, în principal depunerilor atmosferice cu 154 mm peste normă și temperaturilor normale.

În anul agricol 2017–2018 s-a acumulat biomasă la martor 5.173 kg/ha, cu o creștere de 2.899 kg/ha sau de 1,58 ori mai mult decât la $N_{60}P_{3,5}K_{60}$. La variantele $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$ s-a înregistrat o majorare a cantității de biomasă, care a depășit martorul cu 3.948-4.089 kg/ha sau de 1,44-1,46 ori mai mult.

În anii agricoli 2014–2018 la martor s-au acumulat în medie 5.664 kg/ha de biomasă. Pe nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-2,5}K_{60}$ au fost obținute cu 2.245-2.868 kg/ha mai multă biomasă uscată, care a depășit de 1,40-1,51 ori varianta nefertilizată (fig. 3.1).

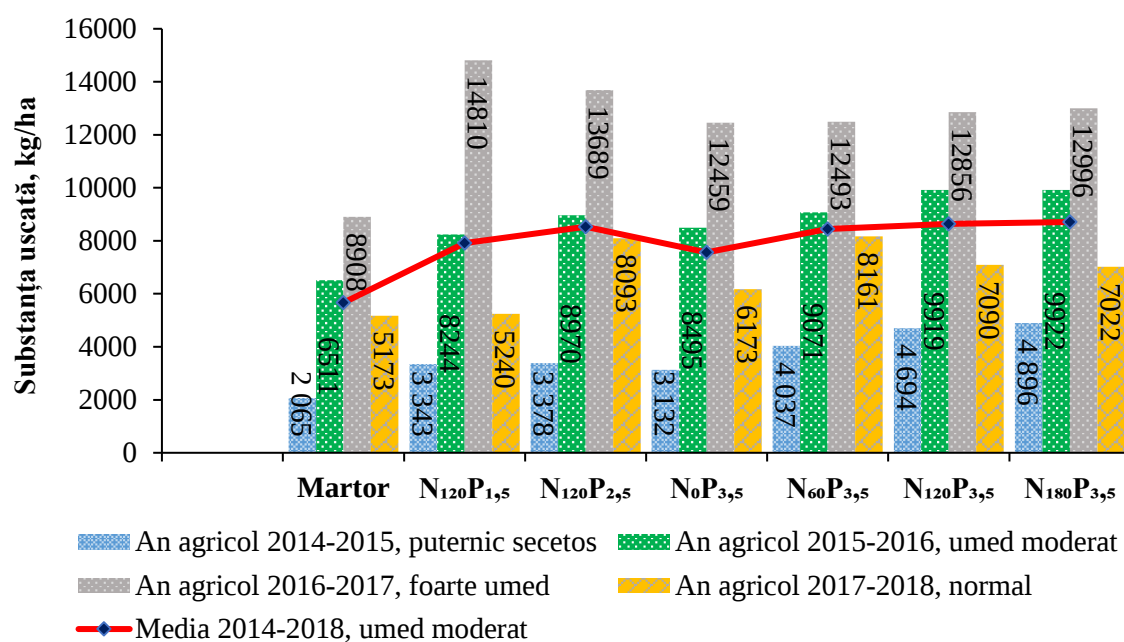


Figura 3.1. Producția de masă vegetală uscată la grâul de toamnă, faza de maturitate deplină, pe fond NP fertilizat cu doza K₆₀ pe cernoziomul carbonatic

Doza moderată de 60 kg N/ha pe fond P_{3,5}K₆₀ a sporit biomasa cu 2.776 kg/ha sau de 1,49 ori a depășit martorul. Dozele N₁₂₀₋₁₈₀ kg/ha pe nivel P_{3,5}K₆₀ au sporit cantitățile medii de biomasă cu 2.975-3.045 kg/ha sau de 1,53-1,54 ori mai mult.

Nefertilizarea cu îngrășământ de azot pe nivelul P_{3,5}K₆₀ a micșorat nesemnificativ cantitatea de biomasă, aceasta fiind acumulată doar cu 1.900 kg/ha mai mult, fapt care a confirmat că azotul este un element nutritiv esențial. Seceta extremă din anul agricol 2014–2015 a influențat semnificativ producția de biomasă în faza de maturitate deplină la aplicarea îngrășămintelor minerale, care au fost cele mai scăzute și cu intensitatea cea mai ridicată.

Corelația și regresia curbilinie dintre recolta grâului de toamnă (Y, t/ha boabe) și producția de masă vegetală verde și substanță uscată (X, g/100 plante) au avut scopul determinării dependenței factoriale a mărimii recoltelor față de cantitățile sintetizate de substanță organică în cele șase faze fenologice. Ecuația de regresie de tip parabolă pătratică reprezintă relația dintre recoltă și masa vegetală pentru fiecare fază fenologică sub formă de linii de regresie empirice și teoretice, prezentate în figura A 4.1 pentru masa vegetală verde și în figura A 4.2 pentru substanța uscată.

A fost stabilită o dependență corelațională dintre recoltă și masa verde cu legături puternice ($r = 0,78-0,96$), intervalele de încredere au variat de la $0,782 \pm 0,717$ în faza de înflorire până la $0,958 \pm 0,329$ în faza de înfrățire. Conform criteriului Student ($tr_{fact} > t_{0,05}$) și intervalului de încredere, corelația și regresia au fost semnificative, de unde rezultă că ipoteza nulă la nivelul de

semnificație 5% a fost respinsă în toate fazele fenologice. Doar faza lapte-ceară ($t_{r_{fact}} < t_{0,05}$) a inclus valoarea zero, respectiv, corelația și regresia au fost neînsemnate la nivelul de semnificație 5% prin confirmarea liniarității (tab. 3.4).

De asemenea, 65-95% din variația recoltelor s-au datorat acumulării masei verzi la variantele cu aplicarea îngrășămintelor minerale. Influența factorilor externi a fost de doar 5% în faza de înfrățire și s-a majorat până la 35% în faza lapte-ceară a plantelor.

Tabelul 3.4. Dependența cantitativă, corelativă, factorială dintre recolta grâului de toamnă (Y, t/ha boabe) și producția de masă vegetală a grâului de toamnă (X, g/100 plante), calculată după datele medii ale anilor 2014–2018

Faza fenologică	Masa vegetală	Ecuația de regresie	Coeficientul de corelație	Pătratul coeficientului de corelație	Criteriul de existență
Înfrățire	1	$-0,0004X^2+0,0785X+0,5102$	$0,958\pm0,329$	0,919	7,52
	2	$-0,0126X^2+0,4435X+0,1619$	$0,955\pm0,342$	0,911	7,17
Ieșire în pai	1	$-3E-06X^2+0,006X+1,6631$	$0,976\pm0,249$	0,953	10,06
	2	$-3E-05X^2+0,0259X+1,6978$	$0,968\pm0,285$	0,938	8,69
Înspicare	1	$-5E-07X^2+0,0028X+1,7155$	$0,865\pm0,576$	0,749	3,86
	2	$-2E-07X^2+0,0084X+1,8321$	$0,877\pm0,550$	0,770	4,09
Înflorire	1	$-1E-06X^2+0,0012X+1,6291$	$0,782\pm0,717$	0,611	2,80
	2	$-5E-07X^2+0,0080X+0,9850$	$0,787\pm0,709$	0,619	2,85
Lapte-ceară	1	$-4E-05X^2+0,0350X-4,7949$	$0,740\pm0,774$	0,548	<2,46
	2	$-5E-06X^2+0,0120X+0,5001$	$0,809\pm0,676$	0,654	3,08
Maturitate deplină	1	$-7E-05X^2+0,0511X-3,9374$	$0,823\pm0,653$	0,677	3,24
	2	$-1E-04X^2+0,0596X-4,2002$	$0,822\pm0,655$	0,676	3,23

Notă: 1 – masa verde; 2 – masa uscată.

Circa 62-94% din variația recoltelor au fost determinate de sinteza substanței uscate în funcție de dozele de îngrășămintă minerale administrate în sol, dintre care 6% în faza de înfrățire, respectiv 38% în fazade înflorire, influența fiind manifestată și de alți factori de natură exogenă sau endogenă.

Criteriul de existență sau criteriul Student a servit la compararea și afirmarea corelației și regresiei multiple prin stabilirea semnificației producției de masă vegetală pentru recoltă. Prin intermediul ecuațiilor de regresie, cunoscând producțiile de substanță organică în fazele fenologice de creștere și dezvoltare a grâului de toamnă, se poate prognoza recolta principală.

3.2. Conținutul de azot, fosfor și potasiu în partea valorificabilă a grâului de toamnă în funcție de dozele de administrare a îngrășămintelor minerale

Compoziția chimică depinde de ritmul de absorbție a elementelor nutritive în diverse faze de vegetație. M. Seifert, în 1981, citat de Gh. Valentin (2011), a determinat proporția organelor în plantele de grâu astfel: spicul – 30%, internodul spicului – 10%, la alungirea paiului, stadiul de apariție a limbului frunzei standard – 12%, limbul frunzei inferioare și anterioare – 8%, respectiv 3%, și paiul cu tecile frunzelor – 36% [48, p. 81-99]. Conținutul de NPK a fost determinat și în paie, care prin definiție „sunt partea plantei alcătuită din frunze și tulpini la culturile cerealiere” [208]. Este cunoscut că în masa vegetală uscată elementele minerale esențiale ocupă 4-8%, pe care plantele le absorb din sol [70].

Gh. Matei și G. Păunescu, în experiența de la SCDA Șimnic Craiova, montată pe luvosol, cercetând influența fertilizării minerale și organice în cadrul diferitelor asolamente asupra calității recoltei la grâul de toamnă, premergător mazăre boabe, au stabilit că conținutul de N în boabe la fertilizarea minerală cu dozele N_{100} și $N_{100}P_{60}$ a depășit variantele cu gunoi de grajd. Varianta martor a fost în limitele 2,02-2,57% de N în boabe. Conținutul de P la sistemul mineral, variantele P_{60} și $N_{100}P_{60}$, precum și organică de 20 t/ha g.g. în toate rotațiile a avut valori medii de 0,36-0,53%, aproximativ egale cu martorul. Conținutul de potasiu în boabe a fost influențat doar de gunoiul de grajd, cu valori cuprinse între 0,36 și 0,43% [69, p. 588-595].

În experiențele noastre (tab. 1, anexa 5) conținutul de azot total în planta întreagă a grâului de toamnă în faza de înfrățire a fost cel mai ridicat din toate fazele fenologice. La nivelele fertilizate N_{total} a variat între 3,84 și 4,45% față de 3,64% la martor, iar în faza de ieșire în pai a scăzut la martor până la 2,95%, iar la NPK a scăzut până la 3,27-3,55%, micșorându-se cu 0,57-0,90% față de faza de înfrățire, cu o majorare de 0,32-0,60% comparativ cu martorul.

Conținutul de N_{total} în paie la martor în faza de înspicare a alcătuit 1,43%, s-a micșorat de 1,3-1,5 ori și a constituit 1,92-2,16% la nivelele de nutriție $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$. În faza de înflorire conținutul de azot total în paie a scăzut la toate variantele, martor – 1,39% și $N_{60-180}P_{3,5}K_{60}$ a constituit 1,74-1,82%. În fazele fenologice lapte-țeară și maturitate deplină azotul s-a echivalat, martorul – 1,05% și $N_{120}P_{1,5-2,5}K_{60}$ – 0,84-0,95%. O ușoară majorare a azotului s-a observat la maturitate deplină la dozele N_{60-120} pe fondul $P_{3,5}K_{60}$ cu 0,06-0,12%, care s-a datorat acumulării azotului total în boabe.

Cercetările efectuate au demonstrat că în toate fazele fenologice varianta nefertilizată a avut cel mai scăzut conținut de N_{total} . Dintre variantele fertilizate cu NPK doza N_{120} pe fond $P_{1,5}K_{60}$

a avut cel mai scăzut conținut din cauza nivelului redus de fosfor mobil, care nu a permis absorbția azotului din sol, și a masei vegetale joase (tab. A 5.1).

Conținutul de fosfor total în paie a fost maxim în faza de înfrățire și a constituit 0,72-1,02% P_{total} la variantele fertilizate față de martor – 0,59%. În faza de ieșire în pai conținutul a rămas același, la martor – 0,59%, a scăzut cu 0,04-0,15% la fertilizarea minerală față de faza de înfrățire.

În faza de înspicare la varianta nefertilizată conținutul de fosfor în paie a scăzut până la 0,39% P_{total} , la cele fertilizate s-a micșorat cu 0,30-0,37% sau de 1,8 ori mai puțin decât în faza de ieșire în pai, considerată a fi faza critică datorită formării spicului. În faza de înflorire conținutul de fosfor total s-a redus nesemnificativ, la martor a constituit 0,28%, respectiv la nutriția minerală 0,33-0,42%, la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ și $N_{60-120-180}P_{3,5}K_{60}$ au fost echivalente.

În faza lapte-ceară conținutul de P_{total} a scăzut semnificativ la nivelele cu îngrășămintele minerale cu 0,18-0,20%, la martor a alcătuit 0,16%. La recoltarea grâului de toamnă paie au avut un conținut de fosfor total la martor de 0,13%, la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a scăzut cu 0,11% P_{total} față de faza lapte-ceară, în rest conținutul de P_{total} nu s-a diferențiat semnificativ.

S-a constatat că la aplicarea îngrășămintelor minerale la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ s-a menținut pe perioada ontogenetică conținutul de fosfor total în paie ridicat și a variat de la 1,02% în faza de înfrățire până la 0,20% la maturitate deplină. La doza $N_{120}K_{60}$ pe nivelul de fosfor mobil 2,5 mg/100 g de sol plantele de grâu au reacționat cel mai bine.

Conținutul de potasiu total din paie a fost cel mai ridicat față de conținutul lui în spice, pleavă și boabe. În faza de înfrățire martorul a constituit 3,10%, iar la aplicarea îngrășămintelor – 3,30-3,83%. Ulterior, în faza de ieșire în pai, conținutul de K_{total} a crescut la toate variantele fertilizate și a alcătuit la martor 3,94%, la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ s-a majorat până la 4,41-4,77% sau de 1,2-1,3 ori. Majorarea conținutului de potasiu total în faza de ieșire în pai în paie a fost determinată de creșterea intensivă a tulpinii grâului de toamnă începând cu al doilea internod.

Conținutul de potasiu total în faza de înspicare s-a micșorat la martor până la 2,18% și la fertilizarea cu KCl a constituit 2,13-2,51% sau de 1,7-1,9 ori mai puțin față de faza de ieșire în pai. Micșorarea aproximativ dublă a conținutului de potasiu total în paie la toate variantele a fost determinată de formarea spicului și de dozele de azot. Nefertilizarea cu azot la $P_{3,5}K_{60}$ în ambele faze a redus conținutul de K_2O total cu 0,21% în faza de înflorire și l-a menținut același în faza lapte-ceară. În faza de maturitate deplină paie au acumulat la toate variantele fertilizate cu doza de 60 kg K_2O /ha mai mult potasiu total cu 0,01-0,10% datorită reutilizării din alte organe ale plantei (fig. 3.2).

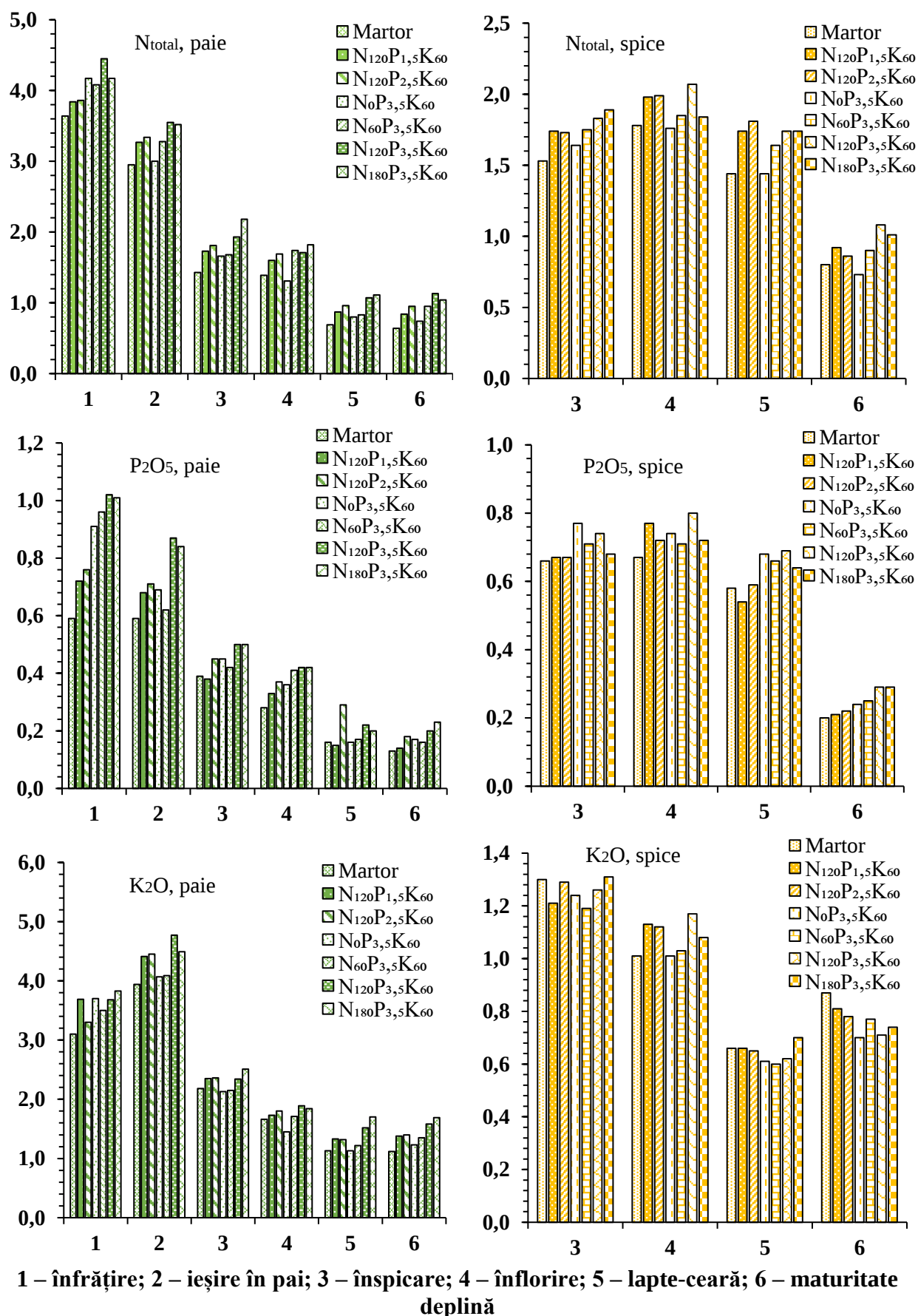


Figura 3.2. Influența îngrășămintelor asupra dinamicii conținutului total de azot, fosfor și potasiu în plantele de grâu

Conținutul de azot total în spicele grâului de toamnă fără boabe a constituit la martor 1,53% în faza de înspicare și 1,73-1,89% la fertilizarea minerală, fiind cu 0,20-0,36% mai ridicat. Cu creșterea consumului de N_{total} în faza de înflorire, varianta nefertilizată a constituit 1,78%, iar la variantele fertilizate mineral – 1,84-2,07%, cu 0,06-1,29% sau de 1-1,2 ori mai mult decât la martor.

În faza lapte-ceară conținutul de N_{total} a alcătuit 1,44% la martor și 1,74-1,81% la fertilizarea cu NPK. Conținutul de azot total în spice la maturitate deplină la martor a fost de 0,80% și 0,86-1,08% la variantele fertilizate. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a reacționat cel mai bine la fertilizarea cu azotat de amoniu. Nivelul $P_{3,5}K_{60}$ a fost similar cu martorul.

Conținutul de fosfor total determinat în masa uscată a spicelor în faza de înspicare a constituit 0,66% la varianta nefertilizată și 0,67-0,77% la nutriția minerală (fig. 3.2).

Conținutul de P_{total} s-a majorat cu 0,04-0,10% la fertilizarea cu NPK în faza de înflorire, iar la nivelul $N_0P_{3,5}K_{60}$ a scăzut cu 0,03%, datorită nivelului de fosfor mobil $P_{3,5}$ din sol, care a mobilizat azotul nitric. În faza lapte-ceară conținutul de fosfor total a fost de 0,58% la martor și a variat între 0,59 și 0,69% pe nivelele 2,5-3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol. În faza de maturitate deplină s-a constatat o descreștere semnificativă la toate variantele, la martor s-a micșorat până la 0,20% și a oscilat între 0,21% și 0,29% la fertilizarea minerală (fig. 3.2).

Conținutul de K_{total} în spicele grâului de toamnă în faza de înspicare a fost la martor 1,30% și a variat la doza de 60 kg K/ha între 1,19 și 1,31%, sub 0,08-0,11% la majoritatea variantelor cu nutriție minerală. Se presupune că potasiul este un element migrator care a avut o concentrație maximă în paie și a fost asimilat mult mai rapid datorită formei mobile din îngrășămintele cu potasiu prin creșterea consumului de potasiu. Conținutul de K_{total} în faza de înflorire s-a echilibrat la aplicarea îngrășămintelor cu varianta nefertilizată.

În faza lapte-ceară conținutul de K_{total} în spice a continuat să descrească, la variantele fertilizate, și a fost identic cu nivelul martorului, de 0,60-0,70%, datorită faptului că o bună parte de potasiu a fost reutilizată de către boabe, iar în faza de maturitate deplină s-a majorat datorită depozitării potasiului sub formă de substanțe de rezervă (tab. A 5.1).

Conținutul de azot total a fost cel mai înalt (50%) la varianta martor în faza de înfrățire din cele șase faze cercetate și a descrescut ajungând la un minim de 36% în faza de înspicare (fig. 3.3.) Curba raportului azotului total la varianta martor a fost maximă în faza de înfrățire și a scăzut brusc până la înspicare, iar până la faza de maturitate deplină a crescut în medie cu 11%.

Pe nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-2,5-3,5}K_{60}$ curba a avut o descreștere de la 47-49% în faza de înfrățire față de faza de ieșire în pai cu 8-10%, care a atins minimele raportului. Această legitate a confirmat o redistribuție a azotului cu consum ridicat la dezvoltarea aparatului foliar în faza de

ieșire în pai prin intensificarea procesului de mobilizare a azotului nitric în sol odată cu creșterea regimului termic.

De la faza de ieșire în pai până la faza lapte-ceară curba a descrescut cu circa 12% la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$, atingând raportul maxim. La nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,5}K_{60}$ minimele raportului azotului total au rămas aceleași pentru fazele menționate. Curba raportului de N_{total} a continuat să crească cu 11-12% până la recoltarea grâului de toamnă, atingând valori maxime.

Raportul fosforului total conform descrierii curbelor la varianta nefertilizată și la nivelele de fosfor mobil 2,5-3,5 mg/100 g de sol au păstrat același trend. De la faza de înfrățire până la ieșirea în pai curba a descrescut la martor și la nivelul de fosfor mobil sus-menționat cu 1-3%. Pe nivelul de 1,5 mg P_2O_5 /100 g de sol în faza de înfrățire a fost înregistrat un raport minim. Astfel, curba de ascendență la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-3,5}K_{60}$ a continuat să crească până la faza de maturitate deplină în medie cu 8% (fig. 3.3).

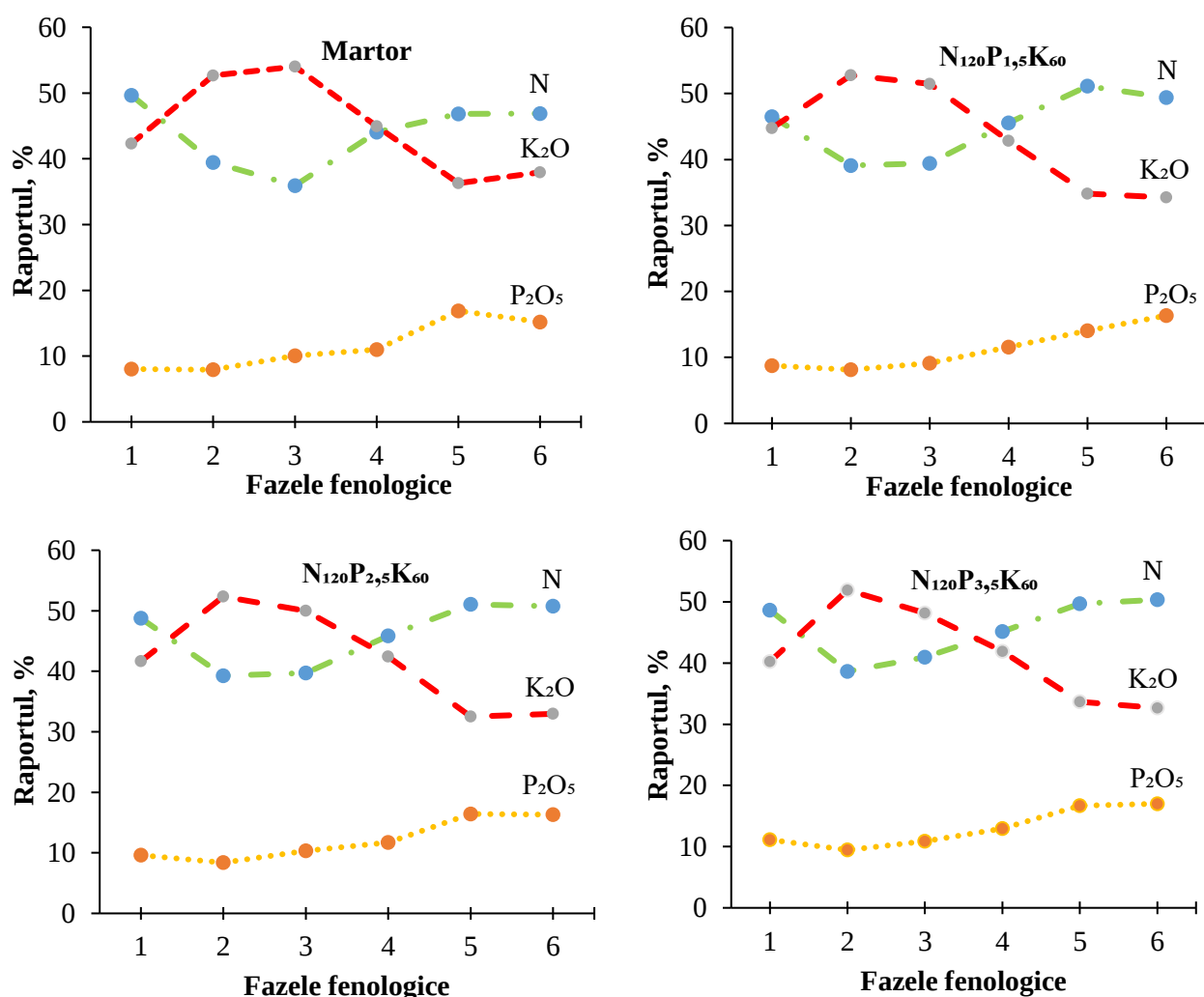


Figura 3.3. Diferențierea raportului elementelor nutritive absorbite de plantele grâului de toamnă, soiul „Sorrail”, în fazele fenologice: 0 – răsărire; 1 – înfrățire; 2 – ieșire în pai; 3 – înspicare; 4 – înflorire; 5 – lapte-ceară; 6 – maturitate deplină.

Potasiul total a păstrat aceeași legitate de trend a curbelor. Raportul a fost cel mai înalt la martor și mai scăzut cu 2-3% la fertilizarea cu K_{60} indiferent de doza NP aplicată la grâul de toamnă. În acest mod se observă în faza de înfrățire-ieșire în pai o creștere maximă de la 40-45% până la 53%, care revine raportului și descrește în medie cu 19% la fertilizarea cu NPK până la faza de maturitate deplină (fig. 3.3).

Efectul fertilizării minerale asupra influenței cantitative a conținutului de azot, fosfor și potasiu total asupra recoltei grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018 pe șase faze fenologice a demonstrat necesarul elementelor nutritive în plante în scopul obținerii producției relativ stabile în condiții semiaride prin optimizarea nutriției minerale. Analiza statistică dintre recoltă și conținutul de azot, fosfor și potasiu total în plantele grâului de toamnă prin liniile de regresie empirice și teoretice a indicat conexiuni pozitive semnificative directe la toate nivelele de fertilizare cu îngrășăminte minerale (fig. A 5.1, fig. A 5.2 și fig. A 5.3).

Analiza corelațională și de regresie privind conținutul de N_{total} în resturile vegetale a plantelor de grâu în toate fazele fenologice în anii agricoli 2014–2018 a specificat corelații foarte puternice ($r = 0,96-0,98$), semnificative, de 91-96%, care au influențat variația recoltei în intervalul 2,45-4,26 t/ha boabe. În faza de înfrățire corelația a fost nesemnificativă, fiind datorată capacității de nitrificare scăzută în sol la desprimăvărare. Conținutul de P_{total} a manifestat corelații puternice ($r = 0,76-0,84$), semnificative în fazele de ieșire în pai, înflorire și maturitate deplină, cu o influență de 57-72% asupra variației recoltei. Conținutul de K_{total} a specificat corelații strânse ($r = 0,79-0,89$), semnificative în fazele de ieșire în pai, înflorire, lapte-ceară și maturitate deplină, influențând sporul recoltei cu circa 62-79% (tab. A 5.2).

3.3. Exportul și consumul elementelor nutritive la formarea recoltei

Elaborarea planurilor de fertilizare la culturile agricole se efectuează în conformitate cu necesitățile plantelor în elemente nutritive. În țările europene înalt dezvoltate se încearcă o uniformizare a metodelor de laborator pentru determinarea NPK și elaborarea recomandărilor unice. Un impediment major reprezintă diversitatea analizelor și inaccesibilitatea la toate sursele legale ale informațiilor din recomandări. La nivel normativ, încă nu s-a realizat conceptualizarea și parametrizarea analizelor. În țări precum Germania, Luxemburg, Irlanda și Spania la calculul dozei de azot se iau în considerare toate articolele de intrări, inclusiv îngrășămintele și exportul cu recolta principală. Stabilirea dozei optime (plafon) nu trebuie să depășească 170 kg N/ha. Doza de P și K se calculează în P_2O_5 și K_2O kg/ha ce se divizează pe clase. În cazul în care conținutul de fosfor mobil în sol este mai mic, exportul lui se înmulțește cu coeficienții de corecție (Germania, Spania, Franța, Elveția) sau se adaugă până la doza optimă prin însumare față de doza standard în

funcție de cultură (Irlanda, Luxemburg, Marea Britanie). În Italia doza recomandată se stabilește în baza bilanțului dintre export și rezervele extrase biodisponibile de P, K din sol [189].

Consumul elementelor nutritive depinde de nivelul recoltei și de calitatea producției grâului de toamnă pe întreaga perioadă de ontogeneză. Asigurarea unui consum echilibrat de azot poate să influențeze calitatea boabelor. Se cunoaște că azotul are o solubilitate sporită și se levinghează pe profil. La majorarea productivității trebuie ținut cont de cerințele plantelor [11].

Cercetările efectuate pe cernoziomul carbonatic prin aplicarea îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă în anii agricoli 2014–2018 au influențat direct acumulările de azot, fosfor și potasiu total pe fazele fenologice: înfrățire, ieșire în pai, înspicare, înflorire, lapte-ceară, maturitate deplină, care au depins de nivelul recoltelor obținute datorate sintezei masei vegetale uscate. Ascendența sintezei elementelor nutritive din sol de către plante s-a manifestat de la înfrățire până la înflorire, care au descrescut spre maturitatea deplină.

La stabilirea sistemului optim de fertilizare a grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic, azotul a fost principalul macroelement care a majorat productivitatea culturii, susținută de nivelele de fertilizare fosfatică pe fond K_{60} . Calculul cantității de NPK consumat de plante în kilograme la 1 hectar pe faze a avut drept scop evidențierea consumului de macroelemente primare pentru cunoașterea și prognozarea nivelului de recoltă în funcție de nivelele de fertilizare.

În faza de înfrățire varianta martor la o recoltă medie de 2,45 t/ha boabe a acumulat 8,5 kg de azot la 1 hectar. S-a observat o tendință de creștere până la mărimea recoltei de 4,01 t/ha pe nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, inclusiv în faza fenologică ieșire în pai. Începând cu fazele fenologice înspicare-înflorire, creșteri semnificative au fost atestate la fertilizarea cu NPK ce au constituit 84,5-98,8 kg N/ha, respectiv 200,1-252,9 kg de azot la 1 hectar.

Descreșteri ale cantității de azot acumulat în plante s-au stabilit în fazele fenologice lapte-ceară și maturitate deplină, care au alcătuit 151,2-184,8 kg N/ha, respectiv 101,3-131,1 kg N/ha la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{3,5}K_{60}$. Majorarea proporțională a cantităților absorbite de azot din sol s-a datorat gradelor de asigurare cu fosfor mobil a cernoziomului carbonatic prin aplicarea dozei de 120 kg N/ha pe fond de 60 kg K/ha la grâul de toamnă (fig. A 6.1).

Acțiunea fertilizării cu fosfor asupra grâului de toamnă a fost în strânsă interacțiune directă cu azotul. Liniile teoretice de regresie în fazele de înfrățire și ieșire în pai au continuat să crească până la nivelul de recoltă 3,87 t/ha, cu acumularea a 2,8 și 12,4 kg P_2O_5 /ha la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$. Echivalența consumului de pentaoxid de fosfor a fost stabilită la recoltele de peste 4,01 t/ha boabe. În fazele de înspicare și înflorire tendința a devenit pozitivă pe întreaga linie de regresie, diferența comparativă s-a observat în raport cu martorul, cu 11,0 și 27,4 kg P_2O_5 /ha, iar

la fertilizarea cu NPK s-a constatat diapazonul de 20,9-24,2 kg P_2O_5 /ha și 55,0-62,1 kg P_2O_5 la 1 hectar.

În fazele lapte-ceară – maturitate deplină sinteza P_{total} din substanța uscată a crescut în raport cu varianta nefertilizată în intervalul recoltelor 3,87-4,01 cu acumulări de 55,2-62,4 kg P_2O_5 /ha și 38,4-43,4 kg P_2O_5 /ha la doza N_{120} pe nivelele de nutriție $P_{2,5-3,5}K_{60}$. Descreșteri ale cantității de P_{total} acumulat au fost la recoltele 3,50-3,62-4,26 t/ha, care au sintetizat 47,4-51,6 kg P_2O_5 /ha, respectiv 32,9-42,6 kg de P_{total} la 1 hectar (fig. A 6.2).

Sinteza potasiului total din substanța uscată raportat la recolta principală în fazele fenologice de înfrățire-ieșire în pai la martor a constituit 7,4-39,1 kg K_2O /ha și a variat la variantele fertilizate cu NPK de la 12,2-17,3 kg K_2O /ha până la 64,3-89,7 kg K_2O la 1 hectar. Majorarea absorbției de oxid de potasiu de către plante a păstrat o dinamică la toate variantele fertilizate cu NPK indiferent de mărimea recoltei și de masa uscată acumulată. În fazele fenologice de înspicire-înflorire, datorită majorării de 1,8-2,2 ori a cantității de K_2O sintetizat față de martor, liniile de regresie au fost ascendente la toate nivelele fertilizate cu NPK. Cu toate că cantitățile de K_2O în fazele fenologice lapte-ceară și maturitate deplină s-au micșorat în medie de 1,9-3,2 ori față de faza de înflorire cu acumulări maxime, trendul pozitiv de sinteză a dreptelor de regresie s-a menținut ridicat în anii agricoli 2014–2018 la grâul de toamnă (fig. A 6.3).

Absorbția zilnică a azotului, fosforului și potasiului total a fost calculată pentru a monitoriza consumul elementelor nutriționale și a cunoaște necesarul lor în fazele critice de vegetație. Absorbția interfazială pe parcursul a 24 de ore a elementelor nutriționale în anii agricoli 2014–2018 în interfazele răsărire-înfrățire la martor a constituit la N_{total} 0,06, P_{total} – 0,008 și K_{total} – 0,05 kg/ha/24 ore. Administrarea îngrășămintelor minerale în starter de tip NP și cu potasiu a majorat absorbția elementelor nutriționale la desprimăvărare cu: 0,04-0,08 N_{total} sau de 1,7-2,3 ori, 0,006-0,012 la P_{total} sau de 1,8-2,5 ori și 0,03-0,06 kg K_{total} /ha/24 ore cu o depășire de 1,6-2,2 ori față de martor.

La varianta nefertilizată în interfazele înfrățire-ieșire în pai grâul de toamnă a absorbit zilnic: N_{total} – 0,84 kg/ha/24 ore, P_{total} – 0,16 kg/ha/24 ore și K_{total} – 1,06 kg/ha/24 ore.

Fertilizarea cu azot primăvara a grăbit intensitatea procesului de absorbție cantitativ în 24 h în interfazele înfrățire-ieșire în pai până la: 1,51-2,02 kg/ha/24 ore la N_{total} sau de 1,8-2,4 ori, 0,29-0,37 la P_{total} sau de 1,8-2,3 ori și 1,74-2,43 kg/ha/24 ore la K_{total} sau de 1,6-2,3 ori mai mult față de martor, în intervalul producțiilor 3,50-4,01 t/ha la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-3,5}K_{60}$, care s-au manifestat de la răsărire până la ieșirea în pai.

Creșteri semnificative ale intensității absorbției zilnice a elementelor nutriționale s-au înregistrat de la faza de ieșire în pai până la înflorire, stabilind valori maxime. În interfaza

înspicare-înflorire plantele au absorbit zilnic 7,7 kg N, 1,9 kg P și 8,1 kg K /ha/24 ore la varianta martor. Cele mai mari cantități absorbite zilnic au revenit K_{total} cu 14,5-18,7 kg/ha/24 ore, urmat de N_{total} – 14,0-17,7 kg/ha/24 ore și P_{total} – 3,9-4,4 kg/ha/24 ore, care au depășit varianta martor de 1,8-2,3 ori, la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-3,5}K_{60}$, cu recolte de 3,87-4,01 t/ha boabe. În interfazele fenologice înflorire-lapte-ceară cantitatea zilnică absorbită s-a micșorat datorită formării boabelor în spiculețe.

Varianta nefertilizată a acumulat zilnic: N_{total} – 3,6, P_{total} – 1,2 și K_{total} – 2,8 kg/ha/24 ore. Nivelele fertilizate au majorat absorbția în 24 h între: 7,0-8,6 la N_{total} sau de 1,9-2,4 ori, 2,2-2,9 la P_{total} sau de 1,8-2,4 ori și K_{total} a variat de la 5,4 până la 6,6 kg/ha/24 ore sau de 1,9-2,4 ori a depășit martorul. Odată cu sfârșitul ciclului vegetal, la varianta martor s-au absorbit zilnic: N_{total} – 5,3 kg/ha/24 ore, P_{total} – 1,7 kg/ha/24 ore și K_{total} – circa 3,7 kg/ha/24 ore, iar la nivelele cu nutriție minerală cantitatea zilnică absorbită a fost mai ridicată cu 2,8-5,2 la N_{total} sau de 1,5-2,0 ori, P_{total} – 0,9-1,8 sau de 1,5-2,1 ori și K_{total} – 5,6-7,3 kg/ha/24 ore, cu o depășire de 1,5-2,0 ori față de martor.

Așadar, din datele experimentale obținute rezultă că la fertilizarea minerală cu diferite doze de NK pe fonduri diferențiate de fosfor mobil absorbția zilnică a NPK din sol în plante a fost cea mai scăzută la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$, similară variantei martor. La administrarea îngrășămintelor minerale în sol absorbția zilnică minimă a fost stabilită la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și cea optimă la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ la producția de 3,87-4,01 t/ha boabe (tab. A 6.1).

Rezultatele obținute privind exportul elementelor nutritive au reprezentat indicii de bază în caracteristica optimizării sistemului de nutriție minerală la grâul de toamnă pentru obținerea producțiilor de boabe. Cele mai scăzute recolte din anul agricol 2014–2015 cu secetă extremă au înregistrat un export total de N de 26 kg/ha, P_2O_5 – 8 kg/ha și K_2O – 14 kg/ha (tab. A 6.2). Consumul de NPK la 1 t de boabe a alcătuit 24-8-13 kg/ha, însumând un consum specific de 44 kg NPK/1 t boabe. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a asigurat recolte de 1,84-2,10 t/ha în condiții de secetă cu exportul total de 50-12-23 NPK kg/ha și consum specific de 46 kg NPK/1t boabe, din care 27-7-13 kg/1t au revenit consumului de NPK. Micșorarea dozei de azot la 60 kg/ha cu ridicarea nivelului de fosfor mobil – 3,5 mg/100 g de sol și K_{60} a avut un export total de 54-21-28 NPK kg/ha și un consum specific la o tonă de producție de 49 kg NPK, dintre care 26-10-13 kg/ha din contul îngrășămintelor, iar nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ a avut cel mai scăzut export total, de 73 kg/ha și 48 kg/ha de NPK la 1 tonă de boabe.

În anul agricol 2015–2016 exportul a constituit 78-29-56 kg/ha de NPK la varianta martor. Consumul specific pentru 1 tonă de boabe a constituit: 28 kg N, 10 kg P_2O_5 și 20 kg K_2O . Pe nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ raportul *paie: boabe* a fost mai mic decât în varianta martor – 1,27,

cu exportul total de N de 136 kg/ha, P₂O₅ – 48 kg/ha, K₂O – 92 kg/ha, consumul specific a alcătuit 67 kg/ha de NPK, dintre care 33-12-22 kg/ha aparțin elementelor nutritive (tab. A 6.2).

Regimul pluvial înalt din anul agricol 2016–2017 a influențat semnificativ atât exportul total, cât și consumul de elemente nutritive. Pe durata a patru ani agricoli, cantitățile lor au fost cele mai ridicate. La varianta martor s-au exportat: N – 83 kg/ha, P₂O₅ – 23 kg/ha, K₂O – 62 kg la 1 hectar. La formarea unei tone de producție s-au consumat 26-7-19 kg/ha NPK, cu consum specific de NPK de 52 kg/1t boabe (tab. A 6.2).

Fertilizarea cu îngrășăminte minerale s-a dovedit a fi foarte eficientă la nivelul de nutriție N₁₂₀P_{2,5}K₆₀, raportul *paie: boabe* a scăzut până la 1,21. Exportul total de NPK a constituit 168-52-112 de NPK.

Datele anului agricol 2017–2018 au confirmat un export total de elemente nutritive de 151 kg/ha la martor, dintre care azot – 72 kg/ha, fosfor – 29 kg/ha și 50 kg/ha de potasiu.

La varianta nefertilizată s-au consumat: N – 27 kg/ha, P₂O₅ – 11 kg/ha și 18 kg/ha de K₂O pentru o tonă de recoltă. Nivelul de nutriție cu cel mai rațional consum de elemente a fost considerat N₁₂₀P_{3,5}K₆₀, cu export total de N – 151 kg/ha, P₂O₅ – 55 kg/ha, K₂O – 94 kg/ha la o recoltă de 4,13 t/ha și raportul *paie: boabe* de 1,10. La obținerea unei tone de producție de boabe s-au consumat 37-13-23 NPK kg/1t de elemente nutritive.

Media producțiilor grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018 a fost de 2,45 t/ha boabe de grâu la varianta fără îngrășăminte. Raportul *paie: boabe* a alcătuit 1,30 la martor și s-a stabilit foarte ridicat, de 1,40, la nivelul de nutriție fără azot N₀P_{3,5}K₆₀ în detrimentul recoltei principale. Nivelele de nutriție fertilizate cu NPK au influențat structura recoltei, în special spicul, prin majorarea masei. Din sol s-au extras la varianta nefertilizată cu recolta 131 kg/ha de NPK, inclusiv: N – 64, P₂O₅ – 22 și K₂O – 45 kg/ha pentru întreaga cantitate de producție obținută (tab. 3.5).

Tabelul 3.5. Exportul și consumul mediu de elemente nutritive la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Recolta boabe, t/ha	Raportul paie: boabe	Exportul total, kg/ha				Consumul, kg/t boabe			Consumul specific de NPK, kg/t
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Suma	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Martor	2,45	1,30	64	22	45	131	26	9	18	54
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,50	1,22	98	33	68	200	28	9	20	57
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,87	1,25	120	39	77	236	31	10	20	61
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,93	1,40	82	32	59	173	28	11	20	59
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,62	1,32	111	39	75	225	31	11	21	62
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,01	1,23	134	46	86	265	33	11	21	66
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,26	1,18	137	48	91	276	32	11	21	65

Consumul specific de NPK a constituit 54 kg/ha, dintre care 26-9-18 kg/1t producție a aparținut elementelor nutritive. Exportul total la aplicarea îngrășămintelor a fost în relație cu dozele ridicate de azot și nivelul de fosfor mobil în sol, deși consumul de fosfor pentru formarea recoltei a fost practic la același nivel – 10-11 kg/1t boabe (tab. 3.5).

Sporirea producției de grâu de toamnă a majorat extragerea elementelor nutritive din sol. La formarea a 3,50 t/ha de boabe cu raportul *paie: boabe* 1,22, exportul a alcătuit 200 kg/ha NPK, respectiv: 98 kg de azot, 33 kg de fosfor și 68 kg de potasiu. Consumul specific de NPK la 1 tonă de paie și boabe a constituit 57 kg, inclusiv: 28 kg de azot, 9 kg de fosfor și 20 kg de potasiu.

Valori apropiate ale consumului specific au fost determinate la doza de azot de 120 kg N/ha pe nivelele de fosfor mobil 2,5-3,5 mg/100 g de sol cu raportul *paie: boabe* de 1,25 și 1,23. La aceste nivele de nutriție s-au constatat exporturi de NPK de 236-265 kg/ha, inclusiv: 120-134 kg de azot, 39-46 kg de fosfor și 77-86 kg de potasiu.

Pentru formarea unei tone de producție de boabe consumul de NPK a fost de 61-66 kg/1 t, respectiv: 31-33 kg de azot, 10-11 kg de fosfor, 20-21 kg de potasiu. Stabilirea dozelor optime de îngrășămintă minerale prin studierea consumului de NPK kg/1 tonă de producție a fost necesară pentru prognozarea exportului total (tab. 3.5).

În anii agricoli 2014–2018 s-a evidențiat impactul fertilizator al îngrășămintelor minerale ce au contribuit la creșterea cantităților de macroelemente care au determinat producțiile grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic. S-au stabilit corelații puternice semnificative cu conexiuni directe la toate cele șase faze fenologice. Coeficienții de corelație la azotul total au fost cei mai ridicați: $r = (0,92-0,97)$, fosfor total $r = (0,82-0,96)$ și $r = (0,82-0,99)$ potasiu total.

Conform analizei coeficienților de determinare, în partea aeriană a plantelor efectul cantităților de elemente nutritive asupra producțiilor grâului de toamnă a constituit: azot – circa 84-94%, fosfor – 67-91% și 66-99% potasiu total (tab. A 6.3, fig. A 6.1, fig. A 6.2 și fig. A 6.3).

3.4. Concluzii la capitolul 3

1. În urma cercetărilor s-au stabilit parametrii biometrici la grâul de toamnă ca: înălțimea plantelor verzi, coeficientul de înfrățire și gradul de asigurare cu azot nitric. Cercetările au fost efectuate în trei faze fenologice cu o creștere graduală la nivelele de nutriție minerală. În faza de înfrățire înălțimea plantelor și coeficientul de înfrățire s-au deosebit nesemnificativ. Cantitatea de nitrați din rezervele remanente la dozele $N_{120-180}$ kg/ha pe nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol a depășit de 3-5 ori martorul. Majorări maxime ale tuturor parametrilor au fost în faza de ieșire în pai la toate nivelele de nutriție. Pe nivelele $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$, înălțimea plantelor a crescut în medie cu 15-18 cm, coeficienții de înfrățire au constituit 2,9-3,0 frați și conținutul de nitrați s-a dublat față de varianta nefertilizată.

2. Cercetările efectuate privind biosinteza masei vegetale verzi și uscate în șase faze fenologice a păstrat aceeași legitate de bioacumulare la fertilizarea minerală. La majoritatea nivelelor de nutriție intensitatea procesului de bioacumulare a masei verzi și substanței uscate a fost în ascendență de la faza de înfrățire până la înflorire, care a ajuns la maximum de 100% din total. Ulterior, de la faza lapte-ceară până la maturitate deplină, intensitatea a scăzut semnificativ prin pierderi de organe vegetative. Au fost stabilite devieri de la legitate la biosinteza masei verzi la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ prin acumulare maximă de 100% din total în faza de înspicare și la nivelul $N_{60}P_{3,5}K_{60}$, la care procesul de biosinteză a substanței uscate a ajuns la maximum în faza lapte-ceară.

3. În baza rezultatelor medii obținute privind dinamica elementelor nutritive la grâul de toamnă, s-a constatat că conținutul de azot și fosfor total a fost ridicat în producția principală, iar de potasiu – în producția secundară. Nivelul de fosfor mobil în doze de azot diferite s-a menținut relativ înalt în intervalul fazelor fenologice înfrățire-înflorire prin sinteza N_{total} cu 20-50% mai mult în spice față de martor. Au fost stabilite corelații semnificative foarte puternice dintre conținutul de N_{total} și recoltă. Fosforul total și recolta au corelat puternic semnificativ. Potasiul total a avut legături strânse și foarte semnificative în toate cele șase faze fenologice.

4. În urma evaluării exportului și consumului de elemente nutritive s-a observat că nivelul exportului de NPK a fost influențat de conținutul de azot și fosfor total în boabe. La recolta de 2,45 t/ha consumul specific la 1 tonă de boabe la martor a constituit 26 kg N, 9 kg P_2O_5 și 18 kg K_2O . Consumul de fosfor la nivelul optim de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a alcătuit 236 kg/ha, inclusiv: 120 kg de N, 39 kg de P_2O_5 și 77 kg de potasiu. La formarea unei tone de producție s-au consumat 61 kg NPK, respectiv: 31 kg N, 10 kg P_2O_5 , 20 kg K_2O .

4. INFLUENȚA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA VALORIFICĂRII UMIDITĂȚII ȘI A REGIMULUI NUTRITIV AL SOLULUI

4.1. Dinamica rezervelor de apă productivă

Un moment hotărâtor la reluarea vegetației de către plante este prezența rezervei de apă productivă în stratul 0-20 cm de sol, iar cu creșterea temperaturii această rezervă se stabilește în stratul 0-100 cm. În condiții secetoase sau cu nivel de recoltă înalt rezervele de apă productivă se vor determina în stratul 0-200 cm de sol peste fiecare 20 cm consecutiv. Rezervele de apă productivă în straturile de sol 0-20 cm și 0-100 cm sunt evaluate în conformitate cu clasificarea elaborată de cercetătoarele A.F. Vadiunina și Z.A. Korceaghina (1961), prezentată în tabelul 4.1 [108, p. 167-168].

Tabelul 4.1. Clasificarea rezervelor de apă productivă în sol [108]

Stratul de sol, cm	Rezerva de apă productivă, mm	Evaluarea rezervei de apă productivă
0-20	> 40	Bună
	40-20	Satisfăcătoare
	< 20	Nesatisfăcătoare
0-100	> 160	Foarte bună
	160-130	Bună
	130-90	Satisfăcătoare
	90-60	Scăzută
	< 60	Foarte scăzută

În baza cercetărilor asupra umidității în stratul 0-100 cm al cernoziomului carbonatic s-a stabilit că în anul agricol 2014–2015, la varianta martor în faza de înfrățire umiditatea solului a constituit $26,6 \pm 0,5\%$, cu coeficientul de variație (CV) 4,25%, care a fost nesemnificativ. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ umiditatea solului a constituit $27,1 \pm 0,8\%$ din masa absolut uscată a solului. Coeficientul de variație a depășit de 1,6 ori variația umidității solului, comparativ cu martorul.

În faza de înflorire la martor umiditatea a constituit $16,9 \pm 1,8\%$, iar coeficientul de variație a atins valoarea maximă de 23,10%. Variabilitatea varianței bifactoriale a umidității solului din masa absolut uscată s-a datorat, în principal, variației între variante (92%) și fazelor fenologice (90,2%), criteriul $F_f > F_{0,05}$ a indicat între variante diferențe semnificative la nivel de semnificație 5% (tab. A 7.1).

Rezervele de apă productivă și eroarea standard în faza de înfrățire la martor în stratul de sol de 1 m (anul agricol 2014–2015) au constituit 183,0 mm cu CV 4,34% nesemnificativ. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ rezervele de apă productivă au fost de 189,1 mm sau cu 6 mm mai mult față de martor. Variațiile rezervelor de apă productivă (RAP) la fertilizarea minerală au fost de 1,4-2,3 ori mai mari comparativ cu varianta nefertilizată. Deosebiri majore față de martor ale rezervelor de apă productivă nu s-au constatat atât în straturile superioare, cât și inferioare de sol.

Rezervele de apă productivă în faza de înflorire la varianta martor în stratul 1 m de sol au constituit 61,4 mm, cu abateri majore ale variabilității de 86,8%, cauzate de diferențieri semnificative ale umidității pe straturi. Rezervă de apă productivă foarte mică (51,8 mm) s-a observat în stratul 1 m de sol la varianta $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, rezervele fiind în toate cele cinci straturi cercetate foarte mici, cu CV 87,42%. S-a constatat că la nivelul de semnificație de 5%, varianta $N_{60}P_{3,5}K_{60}$, rezervele de apă productivă s-au micșorat pe straturi în medie cu 5,9 mm și 10,4 mm la nivelul de nutriție $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$, depășind diferența mediilor. În stratul superior 0-20 cm de sol rezervele de apă au fost nule. În stratul 60-100 cm de sol pe variantele cu îngrășăminte minerale s-a stabilit un deficit de apă, care a fost consumată în scopul formării boabelor, fapt confirmat prin cercetare. Astfel, impactul secetei pedologice instalate în teritoriu a acționat puternic asupra rezervelor de apă, iar la nivelele de nutriție minerală consumul a fost foarte semnificativ. În acest caz, rezultă că îngrășămintele minerale au redus consumul de apă și au sporit eficiența utilizării ei rațional în comparație cu recolta principală prin gestionarea stresului termic și hidric al plantelor de grâu. În faza de maturitate deplină a grâului, rezervele de apă au fost suplinite din contul precipitațiilor și al reducerii procesului de evapotranspirație prin pierderi de organe vegetative.

Asocierea rezervelor de apă productivă cu fazele fenologice în diferite doze de îngrășăminte minerale a demonstrat o variație de 93,1% între variante, iar criteriul $F_f > F_{0,05}$ a confirmat diferențe semnificative între variantele fertilizate față de martor.

Interdependența dintre fazele fenologice și alternanța variantelor a fost de 91,3%, iar criteriul Fisher (F) s-a stabilit semnificativ la nivel de 5% prin confirmarea ipotezei alternative. Influența diferitelor doze de îngrășăminte minerale a variat (între ele) cu circa 0,7% și interacțiunea dintre îngrășăminte și rezervele de apă productivă a fost de 1,2%, de unde rezultă că verificarea ipotezei nule rămâne valabilă (tab. A 7.5).

În anul agricol 2015–2016 umiditatea medie în stratul 0-20 cm de sol la varianta martor în faza de înfrățire a plantelor a constituit 25,8% și s-a majorat la variantele fertilizate în medie cu 0,4-1,6%, iar în stratul 1 m de sol umiditatea solului a constituit în medie 24,0%, cu o variabilitate de $\pm 0,6\%$.

La administrarea îngrășămintelor minerale s-a observat o creștere de 1,2-1,7 ori mai mare a CV față de martor. În faza de înflorire umiditatea solului în stratul de sol 0-20 cm a constituit 26,6%, iar la nutriția minerală s-a micșorat cu 0,8-1,2%. În stratul de sol de 1 m umiditatea la varianta martor a alcătuit $19,8 \pm 1,7\%$. Coeficientul de variabilitate a constituit 19,30% la martor și s-a majorat la nivelele de nutriție cu NPK de 1,2-1,4 ori.

Umiditatea solului a avut variații semnificative de 66,1% între nivelele de nutriție, dintre care fazelor fenologice le-au revenit 63,9%, fiind semnificativă conform criteriului Fisher după relațiile $F_t > F_{0,05}$ la nivelul de materialitate de 5% și H_0 a fost valid prin confirmare (tab. A 7.2).

În stratul 0-20 cm de sol rezervele de apă productivă (RAP) ale aceluiași an agricol în faza de înfrățire la martor au constituit 32,4 mm, în stratul de 1 m rezerva totală a fost de 150,0 mm și CV nesemnificativ – 6,57%. Rezerva cea mai mare în stratul 0-20 cm de sol s-a stabilit la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ – 36,2 mm, fiind satisfăcătoare. În stratul de 1 m de sol din contul depunerilor atmosferice s-au acumulat rezerve cu 6,1-14,4 mm mai mult, ceea ce a condus la echivalarea coeficientului de variație cu varianta nefertilizată și la majorarea rezervelor de apă productivă în funcție de creșterea mărimii dozelor. Rezervele de apă productivă în stratul de sol 0-20 cm au fost satisfăcătoare și la 0-100 cm – bune. Diferențele rezervelor de apă la administrarea îngrășămintelor minerale au contribuit la majorarea graduală a consumului de apă până la faza de înflorire a plantelor.

Rezerva de apă productivă în faza de înflorire la martor în stratul 0-20 cm de sol a fost de 34,3 mm. În stratul 1 m de sol rezerva de apă a fost de 95,3 mm, variabilitatea CV de circa 45,03% fiind semnificativă. Variațiile de umiditate ridicate între straturile de sol au determinat și coeficientul de variație la toate nivelele ca fiind semnificativ. În ce privește administrarea îngrășămintelor minerale, s-a observat că cu majorarea nivelului de fosfor mobil de la 1,5 mg/100 g de sol până la 3,5 mg/100 g de sol rezervele de apă au scăzut de la 82,8 mm până la 67,2 mm sau cu 12,5-28,3 mm, azotul acționând mult mai slab. Astfel, dacă în stratul 0-20 cm de sol RAP s-a considerat satisfăcător, atunci în stratul de sol 0-100 cm pe nivelele de nutriție rezervele au fost scăzute. Un alt factor ar fi și sistemul radicular, care s-a dezvoltat în mare parte în stratul 60-100 cm de sol, iar nutriția minerală a micșorat esențial rezervele în straturile inferioare față de martor.

La recoltarea grâului de toamnă în stratul 0-20 cm de sol RAP a fost de 11,2 mm la varianta martor, cu o rezervă de 67,5 mm în stratul de 1 m și o variabilitate medie a variației de 17,12%. Rezerva de apă productivă în stratul de 1 m al solului la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a fost de două ori mai scăzută datorită biosintezei producției de masă vegetală ridicată. Rezervele de apă productivă au fost atât de mici încât, de-a lungul perioadei de vegetație, între variante nu s-au constatat diferențe semnificative.

Analiza varianței bifactoriale a scos în evidență existența variațiilor rezervelor de apă productivă între variantele de nutriție și martor de 71,8%. Conform criteriului F, relația $F_f > F_{0,05}$ a fost semnificativă, iar ipoteza alternativă s-a confirmat. Studiul influenței fazelor fenologice a înregistrat o variație de 69,5%, în cazul variantelor fertilizate s-a constatat că criteriul F_f este foarte semnificativ, cu o probabilitate de 95%. Influența îngrășămintelor minerale a avut o variație de 1,2%, interacțiunea factorilor a constituit 1,1% din variație. Acțiunea variației neexplicate a fost cea mai înaltă – de 17,2% din variația totală a factorilor neincluși (tab. A 7.6).

Umiditatea cernoziomului carbonatic în anul agricol 2016–2017 în stratul 0-20 cm de sol, faza de înfrățire, la varianta nefertilizată a constituit 23,5%, în stratul de 1 m de sol – 9,16% și CV nesemnificativ. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-a constatat o creștere cu 0,7% prin acumularea a 0,5% din umiditate la celelalte nivele fertilizate, care a constituit 23,1-23,9%, cu deficit de 0,3% față de martor.

În faza de înflorire, la martor, în stratul 0-20 cm de sol s-a stabilit o scădere dublă a umidității solului, ajungând la 14,3%, iar în stratul de 1 m de sol – 9,87%, valoarea CV a fost nesemnificativă. Umiditatea solului în stratul de sol 0-20 cm a fost scăzută la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ comparativ cu martorul cu 2,2%, în stratul de 1 m de sol.

Variabilitatea umidității solului raportată la masa absolut uscată a constituit 69,5% datorită variației între nivele, dintre care fazelor fenologice le-au revenit 66,2%, criteriul Fisher a confirmat influența semnificativă a factorului A (faze fenologice) la nivelul de semnificație 5% prin confirmarea, la fel, a ipotezei alternative. Factorul B (îngrășăminte cu diferite nivele de nutriție) a avut o variație foarte scăzută, de 1,6%, și interacțiunea factorilor AB – 1,7%, ce denotă că ipoteza nulă a rămas neconfirmată (tab. A 7.3).

Rezervele de apă productivă în stratul de 1 m de sol în faza de înfrățire la martor au alcătuit 126,3 mm, CV – 15,25% – a fost mediu. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ s-au însumat pe aceeași adâncime circa 124,1 mm, precum la martor. O depășire față de martor s-a înregistrat la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ cu 6,2 mm și a scăzut cu circa 9,8 mm la nivelele de nutriție $N_{0-60}P_{3,5}K_{60}$. Rezervele de apă la desprimăvărare s-au considerat satisfăcătoare, fiind suplinite din contul precipitațiilor căzute în sezonul de iarnă.

În faza de înflorire RAP la martor în stratul de 1 m de sol a constituit 62 mm și a scăzut cu 32,9 mm la varianta $N_{120}P_{3,5}K_{60}$. În stratul superior de sol 0-20 cm rezervele de apă productivă s-au micșorat față de faza de înfrățire de 14 ori, iar în stratul de sol 20-60 cm consumul de apă s-a dublat. S-a observat un consum ridicat în stratul de sol de 1 m, care a scăzut până la 35,4 mm la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$. La nivelele de nutriție fără și cu azot $P_{3,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{1,5-3,5}K_{60}$ rezervele au scăzut cu 16,6 mm prin creșterea temperaturii aerului, care a intensificat dezvoltarea

aparaturii foliar. La martor rezervele de apă productivă la variantele fertilizate cu PK și NPK s-au caracterizat ca foarte mici. Diferențe semnificative față de martor la nivelul de semnificație 5% s-au constatat la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,5}K_{60}$, care au avut rezervele de apă productivă foarte scăzute – 26,6-29,1 mm în stratul 1 m de sol.

Varianța bifactorială a scos în evidență o variație semnificativă între nivelele cercetate de circa 73,7%, iar fazelor fenologice le-au revenit 70,1% cu confirmarea ipotezei alternative conform criteriului F_f la nivel de semnificație 5%. Ca și în anii precedenți, îngrășămintele minerale au avut o variație de 1,7%, interacțiunea factorilor AB – 1,8%, astfel H_0 nu se infirmă, dar nici nu se confirmă (tab. A 7.7).

În anul agricol 2017–2018 la martor în faza de înfrățire umiditatea solului în stratul 0-20 cm de sol a constituit 17,0%, cu CV în medie de 11,54%. Fertilizarea în doza $N_{120}K_{60}$ pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol a menținut umiditatea solului la aceleași valori. La variantele fertilizate cu conținut de fosfor 3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol în doze $N_{0-60-120-180}K_{60}$ umiditatea solului a scăzut nesemnificativ față de varianta martor. La aplicarea îngrășămintelor minerale s-a constatat un consum sporit al umidității în stratul de sol de 1 metru.

Umiditatea solului în faza de înflorire la martor a constituit în stratul de sol 0-20 cm circa 14,3%, cu coeficientul de variație nesemnificativ de 4,23%. Diferențe majore față de martor în stratul 0-20 cm de sol nu s-au evidențiat. Coeficienții de variație au depășit variația la martor de 1,2-1,7 ori cu gradul de uniformitate ridicat de 94,68% la nivelele fertilizate. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ s-a constatat un deficit de umiditate, la celelalte nivele umiditatea s-a acumulat în limitele admisibile.

Analiza varianței bifactoriale a indicat o variabilitate înaltă a umidității solului între nivele de 75,9%; conform criteriului F, diferențe semnificative au fost la relația $F_f > F_{0,05}$, dintre care fazelor fenologice le-au revenit 72,9% și criteriul F a fost semnificativ, cu diferențe între faze la nivelele fertilizate față de martor și $F_f > F_{0,05}$, de unde rezultă că ipoteza nulă a fost respinsă prin acceptarea ipotezei alternative. S-au constatat diferențe semnificative ale umidității solului absolut uscat la fertilizarea cu PK și NPK, care au avut o variație de 1,7% și o interacțiune a factorilor de 1,3%. Îngrășămintele minerale separat, după criteriul Fisher, nu infirmă și nici nu confirmă ipoteza nulă la variantele experienței (tab. A 7.4).

Rezervele de apă productivă în stratul de sol 0-20 cm au fost nesatisfăcătoare. În stratul de sol de 1 m în anul agricol 2017–2018 la martor în faza de înfrățire RAP a constituit 111,7 mm și la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ – 92,3 mm, fiind mai scăzut cu 19,4 mm. Rezervele de apă productivă în stratul de sol de 1 m la toate nivelele fertilizate au fost mai mici cu 2,9-18,8 mm, fiind satisfăcătoare. În această fază rezervele sub martor au indicat că a început un consum intensiv

de apă, îndeosebi din primele două straturi, din cauza creșterii temperaturii aerului peste media multianuală și insuficienței de precipitații. Factorii climatici au determinat apariția condițiilor de secetă pedologică cu scurtarea perioadei de repaus vegetativ.

În faza fenologică de înflorire s-au înregistrat cele mai mici rezerve de apă productivă. La varianta nefertilizată RAP în stratul 1 m de sol a constituit circa 38,3 mm. Referitor la nivelele de nutriție, au avut loc depășiri peste martor cu 0,4-11,3 mm pe adâncimea de 1 metru. Devierile rezervelor de apă productivă au fost cu surplus semnificativ de 2,3 mm la variantele $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și $N_0P_{3,5}K_{60}$. S-a constatat că pe întreaga adâncime de 1 m consumul de apă a fost moderat. În faza de maturitate deplină la martor rezerva de apă productivă s-a stabilit în stratul de 1 m de sol de circa 40,3 mm și a scăzut cu 4,9-14,4 mm în funcție de mărimea dozelor de îngrășămintă aplicate. Utilizarea apei din sol pe cinci straturi a decurs uniform, iar devierile au fost mai mici ca la martor cu 1,0-2,9 mm, de unde a rezultat un consum înalt de apă. Rezervele s-au clasificat ca foarte mici în sol.

Variabilitatea variației RAP în stratul 1 m de sol între variante a alcătuit 71,8%, cu diferențe semnificative la nivel de 5%. Conform criteriului F, s-a acceptat ipoteza alternativă.

Variația rezervelor de apă productivă a avut o influență asupra fazelor fenologice de circa 69,1%, foarte semnificativă, cu confirmarea ipotezei alternative. Variantele fertilizate au avut o interdependență de 1,5%. Interacțiunea fazelor fenologice cu îngrășămintele minerale a alcătuit 1,2% din totalul variației între nivelele de nutriție (tab. A 7.8).

Cercetările efectuate în raionul Căușeni au stabilit că rezerva de apă productivă multianuală considerată la trecerea temperaturii de la 15°C spre 5°C alcătuiește 29 mm. Primăvara rezervele de umiditate în stratul de sol de 1 m sunt bune, 125-135 mm, în condiții nefavorabile rezervele sunt 60-70 mm, considerate foarte scăzute. Umiditatea determină cantitativ recolta cel mai mult în faza de înflorire-lapte, în această perioadă raionul agroclimatic III are rezerve de apă productivă la limita de 60-100 mm [95, p. 90-98].

Datele prezentate în tabelul 4.2 pentru anii agricoli 2014–2018 pe cinci straturi de sol la desprimăvărare au coincis cu martorul – 142,9 mm, respectiv 140,3-141,5 mm la nutriția minerală până la administrarea îngrășămintelor cu azot.

În faza de înfrățire rezervele de apă în stratul de sol de 1 m s-au clasificat ca bune. Consumul de apă s-a majorat în faza de înflorire și a constituit 64,5 mm la martor, la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ rezerva de apă productivă a scăzut cu 28,4 mm. S-a observat un consum ridicat la toate nivelele fertilizate în stratul de sol de 1 m prin micșorarea cu 9,3-23,2 mm în faza de înflorire față de martor. Rezervele de apă productivă au fost la martor scăzute și la variantele fertilizate cu PK și NPK foarte scăzute.

În faza fenologică de maturitate deplină rezervele de apă productivă au alcătuit la martor 50,2 mm, iar la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ au scăzut de 1,6 ori, la celelalte nivele s-au micșorat de 1,3-1,5 ori (tab. 4.2). La recoltarea grâului rezervele au fost foarte scăzute, ceea ce a provocat instalarea secetelor de diferite tipuri.

Tabelul 4.2. Rezervele de apă productivă medii la grâul de toamnă în stratul 0-100 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018, mm

Varianta	Faza fenologică		
	Înfrățire	Înflorire	Maturitate deplină
Martor	142,9	64,5	50,2
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	141,5	54,4	39,2
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	141,7	42,2	36,3
$N_0P_{3,5}K_{60}$	135,1	52,7	40,6
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	139,5	46,8	33,9
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	140,3	35,7	30,5
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	139,2	41,0	35,2
$S_x = 0,81\%$ umiditate și $S_x (\%) = 4,46$; $DL_{0,05} = 2,31\%$ și $DL_{0,05} (\%) = 12,68$			
$S_x = 1,97$ mm rezerva de apă productivă și $S_x (\%) = 13,20$; $DL_{0,05} = 5,59$ mm și $DL_{0,05} (\%) = 37,70\%$			

Rezervele obținute în toate cele trei faze fenologice în stratul de sol de 1 m au indicat un consum de apă productivă înalt la formarea producției biologice, care au fost foarte scăzute, diminuând nivelul recoltelor în fazele critice la formarea organelor generative.

Dinamica umidității și rezervelor de apă productivă în faza de înfrățire a indicat în anii agricoli cercetați inexistența diferenței în stratul de sol de 1 m dintre variantele martor și cu îngrășămintă (tab. A 7.9). În anul agricol 2014–2015 s-a evidențiat în faza de înflorire la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,5}K_{60}$ scăderi ale rezervelor de apă productivă cu 36,3-51,2 mm față de martor. Rezerva de apă productivă în anul 2016 în faza de înfrățire în stratul de sol de 1 m la martor a fost de circa 150 mm, la fel și la nutriția minerală. În faza de înflorire rezerva de apă productivă la martor a constituit 95,3 mm și s-a micșorat cu 25,9 mm la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ [38, p. 64-68].

În anul agricol 2017–2018 s-a înregistrat un surplus nesemnificativ de apă productivă cu 0,8-11,3 mm la variantele fertilizate față de martor. La recoltare, în perioada a patru ani agricoli rezervele de apă productivă la variantele fertilizate au fost mai mici ca la martor, ceea ce arată că la aplicarea îngrășămintelor plantele au utilizat rațional apa din sol pentru formarea recoltelor.

Cercetările efectuate la $W (\%)$ și $RAP (mm)$ au stabilit doi ani, 2015 și 2018, cu secetă pedologică și cu un deficit acut de umiditate în sol, în anul 2017 rezervele au fost bune pe parcursul vegetației active a plantelor și anul 2016 a fost relativ secetos. Comparativ cu faza de înfrățire, la

înflorire rezervele de apă productivă au scăzut de 2,2-2,5 ori și de 1,5-1,7 ori în faza de maturitate deplină, care presupun în fazele lapte și lapte-ceară un consum sporit de apă din stratul 40-100 cm de sol cu rezerve foarte scăzute. Nivelele considerate cu consum optim la formarea producției s-au stabilit la doza N_{120} pe fond de nutriție $P_{2,5-3,5}K_{60}$ prin utilizarea rațională a rezervelor de apă productivă în perioada de ontogeneză la grâul de toamnă.

S-a observat că nutriția minerală a fost influențată direct de rezervele de apă productivă indiferent de caracterul agroclimatic. De cantitatea depunerilor atmosferice și temperatura aerului a depins percolarea apei în adâncimea solului. Lipsa acută de precipitații în sezonul de toamnă a deplasat termenele de semănat prin întârzierea pregătirii patului germinativ. S-a constatat că nivelurile de recoltă au fost dependente și de depunerile atmosferice, care în mare parte au ajuns la limita mediei, datorită abaterilor pozitive de temperaturi din sezonul de vară. Astfel, deficitul hidric stabilit în sol (interfaza fenologică înspicare-lapte-ceară) din cauza vremii uscate și călduroase a condus la apariția fenomenului de șistăvire.

Perioada anilor agricoli 2011–2018 a indicat în anii cu producții ridicate pe cernoziomul carbonatic un consum de apă la 0,1 t/ha boabe de 16,5 mm la martor și între 12,8 mm și 11,9 mm la nivelele de nutriție $N_{60-120}P_{3,5}K_{60}$. În anii secetoși la producția de 0,86 t/ha la martor și 1,47-1,58 t/ha la nivelele de nutriție $N_{60-120}P_{3,5}K_{60}$ consumul de apă la 0,1 t/ha boabe a constituit 54,4 mm și 32,6-30,5 mm la aplicarea îngrășămintelor. Din sol s-au folosit între 19,9 mm și 11,7 mm de apă productivă sau cu 37%, respectiv 36% mai eficient față de martor. S-a atestat la nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ un consum optim cu obținerea recoltelor relativ stabile [172, p. 140-142].

Nivelul recoltei culturilor de câmp corelează strâns $r = (0,7-0,9)$ cu depunerile atmosferice în perioada de vegetație și poate fi influențat de rezervele de umiditate acumulate în sol pe parcursul vegetației [129, p. 16-32].

4.2. Dinamica conținutului de humus

Experiențele multianuale de câmp indică faptul că materia organică este indicele integral al fertilității solului. Pentru a păstra conținutul de materie organică ridicat trebuie introduse permanent în sol resturi vegetale sau gunoi de grajd. Cernoziomurile au pierdut 30-70% din conținutul total inițial de materie organică, ceea ce scade rezistența la secetă. Deștelenirea stepei cu trecerea de la plantele multianuale la cele anuale a micșorat semnificativ aportul de materie organică proaspătă, afectând sănătatea solului [105, p. 31-49].

Formarea părții organice a solurilor începe odată cu instalarea vegetației și a pedofaunei pe scoarța de alterare prin activarea proceselor pedogenetice. Analizele compoziției chimice a resturilor vegetale au demonstrat că 90-95% din masa materiei organice este alcătuită din carbon

– 40-50%, oxigen – 37-44% și hidrogen – 6-8%. Materia organică care se găsește în diferite stadii de transformare sub acțiunea microorganismelor cuprinde două grupe: substanțe humice – rezultat al procesului de humificare specific solurilor bine aerate din zonele de stepă și silvostepă, ce reprezintă 80-90% din masa humusului; substanțe nehumice – reprezentate de resturi organice aflate în proces de descompunere.

Aprovizionarea solurilor cu resturi vegetale în biocenoza naturală și agroecosistem este diferită prin cantitățile de resturi organice moarte, vegetale și microorganisme. Descompunerea resturilor vegetale are loc sub acțiunea organismelor și microorganismelor ce consumă materia organică în scop de hrană și sursă de energie a lanțurilor trofice în sol. Humusul reprezintă a patra categorie din materia organică și se formează în urma proceselor biochimice și chimice cu transformarea resturilor organice moarte. Clima și vegetația condiționează formarea substanțelor humice, care se divizează în trei grupe de acizi: acizi huminici, acizi fulvici și huminele. În cernoziomuri predomină acizii huminici cenușii, ce conțin 58-62% carbon și până la 7,5% azot. Dintre tipurile de humus formate în condiții de aerobioză cu activitate microbiană intensă și cu amestec intim al materiei organice complet humificate cu partea minerală, se formează humusul de tip mull calcic, specific zonei de stepă. Referitor la nutriție, conținutul ridicat de azot și cationii bazei legați sub formă de humați, humusul este un rezervor de elemente nutritive pentru plante. Totodată, în urma procesului de mineralizare a materiei organice și a capacității de adsorbție și schimb cationic, humusul aprovizionează continuu cu elemente nutritive plantele [64, p. 73-128; 72, p. 43-49].

Academicianul R. Lăcătușu (2002), în „Dicționar de agrochimie”, definește noțiunea de materie organică a solului prin „fracțiunea organică a solului care include resturi de plante și animale în diferite stadii de descompunere a acestora și substanțe organice (humice) specifice solului, formate sub acțiunea microorganismelor solului”. Humusul este definit astfel: „materia organică înaintat transformată, de culoare neagră sau brună, cu caracter coloidal, care rămâne după ce resturile de plante și animale încorporate în sol au fost transformate sau descompuse” [58, p. 116, 153].

Studiile agrochimice proprii s-au efectuat prin experiența de lungă durată pe cernoziom carbonatic la cultura grâului de toamnă, premergător – mazăre boabe; s-au analizat două straturi de sol: 0-20 cm, 20-40 cm, pe patru sole, în anii agricoli 2014–2018.

Conținutul de humus în sol a fost diferit pe sole și ani, indicând o variabilitate ridicată, respectiv s-a recurs la calcularea mediei aritmetice în trei faze fenologice. În faza de înfrățire în straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol conținutul mediu de humus la martor a constituit 3,35% și 2,83, la aplicarea îngrășămintelor în primul strat s-a majorat de la 0,05% până la 0,21% și în al

doilea – de la 0,05% până la 0,25%. În faza de înflorire conținutul mediu de humus în ambele straturi de sol a scăzut la toate nivelele de nutriție față de faza de înfrățire, la martor a constituit 3,32% și 2,75%, iar la nivelele fertilizate cu PK și NPK a fost mai ridicat cu 0,01-0,14% în stratul 0-20 cm și cu 0,03-0,25% în stratul 20-40 cm de sol. Această scădere în faza de înflorire s-a datorat creșterii consumului de elemente nutritive prin intensificarea procesului de mineralizare.

S-a constatat că în faza de maturitate deplină conținutul de humus s-a majorat în stratul 0-20 cm de sol față de primele două faze la toate nivelele. Astfel, la varianta nefertilizată conținutul de humus în stratul 0-20 cm a constituit 3,41% și în 20-40 cm – circa 3,07%. Administrarea îngrășămintelor minerale a sporit conținutul mediu de humus cu 0,05-0,17%. S-a observat o descreștere a conținutului de humus la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ cu 0,07% și $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ cu 0,03%. Majorarea cu 0,03-0,09% a fost la $N_{120}P_{1,5}K_{60}$, respectiv $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, datorită sinergismului dintre azot și fosfor. Conținutul de humus prezent în stratul de sol 0-20 cm a indicat o acumulare la nutriția minerală cu 0,02-0,05%, iar în stratul de sol 20-40 cm s-a atestat atât scăderea, cât și creșterea lui.

Conținutul de humus pe parcursul a trei faze fenologice pe adâncimea solului 0-160 cm s-a diferențiat în straturile de sol 0-20 cm și 20-40 cm cu valori de 3,36% și 2,88%. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a majorat conținuturile medii ale humusului în primele două straturi de sol cu 0,16% și 0,18% față de martor. Pe adâncimea solului 40-160 cm conținutul de humus nu a fost influențat semnificativ de îngrășămintele minerale (tab. A 7.18).

Potrivit rezultatelor prezentate în tabelul 11 din anexa 7, rezervele de humus în stratul de sol 0-40 cm au fost strâns legate de conținutul de humus. La varianta martor rezervele au oscilat între 146 și 163 t/ha de humus. Administrarea îngrășămintelor minerale în doze de azot 120 pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol n-a influențat semnificativ cantitatea de humus, păstrându-se la nivelul de 148-166 t/ha sau cu 2-3 t/ha s-a depășit varianta nefertilizată. Astfel, rezultă că rezervele de humus acumulate în stratul de sol 0-40 cm au fost menținute la același nivel și s-au deosebit doar prin producțiile de grâu boabe obținute. S-a stabilit că la dozele de 60-120 kg de azot la 1 ha pe fond de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol au crescut rezervele de humus cu 7-13 t/ha.

Rezultatele au demonstrat că conținutul de humus în stratul 0-20 cm de sol la fertilizarea minerală în doze moderate nu s-a modificat, iar la cele ridicate conținutul s-a majorat cu 0,14-0,17% în comparație cu martorul (tab. 4.3).

Diferențe în valorile rezervelor de humus s-au stabilit la variantele $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$ la 5-9 t/ha de humus. Astfel, o sporire a conținutului de humus poate fi asigurată de îngrășămintele chimice în cazul fondurilor ridicate de NP în detrimentul factorului economic și de mediu.

Tabelul 4.3. Dinamica conținutului și rezervelor de humus medii pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Faza fenologică						Rezervele de humus în stratul 0-40 cm
	Înfrățire		Înflorire		Maturitate deplină		
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
Martor	3,35	2,83	3,32	2,75	3,41	3,07	155
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,40	2,86	3,33	2,85	3,46	3,10	158
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,41	2,89	3,43	2,94	3,49	3,00	158
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,41	2,87	3,43	2,90	3,54	3,10	160
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,48	3,07	3,46	2,78	3,53	3,12	162
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	3,56	3,03	3,45	3,00	3,55	3,16	164
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	3,45	2,94	3,40	2,84	3,58	3,04	160

Sporirea conținutului de humus în stratul de sol 0-40 cm s-a datorat acțiunii fertilizatoare a îngrășămintelor minerale prin acumularea la suprafață a resturilor vegetale. Din analiza conținutului de humus pe adâncimea solului 0-40 cm, la martor s-a stabilit că cel mai ridicat conținut s-a constatat în anul 2015, cu media de $3,29 \pm 0,19\%$. Lipsa precipitațiilor din sezonul de toamnă și iarnă al anului agricol 2014–2015 a micșorat viteza de descompunere a resturilor vegetale, care s-a datorat activității microbiene reduse și grupei de acizi fulvici.

Din cauza secetei extreme din anul 2015 au fost înregistrați cei mai ridicați coeficienți de variație la martor – 7,99%, iar la aplicarea îngrășămintelor minerale variabilitatea a fost de la 5,82% până la 8,40%, considerată nesemnificativă. În 2017, fiind un an foarte umed, conținutul mediu de humus a constituit $3,07 \pm 0,22\%$ la varianta nefertilizată.

Regimul hidric optim în sol a sporit consumul elementelor nutritive la nutriția minerală. Nivelurile de recoltă de peste 4,12 t/ha boabe au influențat viteza de mineralizare a humusului prin majorarea consumului de elemente nutritive. Micșorări ale conținutului de humus s-au atestat la nivelele de nutriție N₀P_{3,5}K₆₀ cu 0,04% și cu 0,10% la N₁₂₀P_{1,5-2,5-3,5}K₆₀ în cernoziomul carbonatic. O acumulare semnificativă a conținutului de humus a fost stabilită la nivelul de probabilitate 95% în anul 2015, la nivelul de nutriție maxim de N₁₈₀P_{3,5}K₆₀ – cu 0,18% și în anul 2016, la nivelele N₁₂₀P_{1,5-2,5}K₆₀ – cu 0,19% față de martor.

Evaluarea diferenței criteriului de semnificație a confirmat absența între mediile nivelelor de nutriție și față de martor a ipotezei nule, care a fost infirmată din cauza numărului scăzut de probe. Ipoteza nu poate fi nici confirmată, fiind respinsă datorită relației $t_f \leq t_{0,05}$ în toate cazurile. Analiza varianței bifactoriale a indicat că variabilitatea conținutului de humus a fost influențată în principal de variația explicată între nivele de 33,1% la nivelul de semnificație 5% ca semnificativă după criteriul Fisher și relația de dispersie $F_f > F_{0,05}$ a confirmat validitatea ipotezei alternative prin respingerea ipotezei nule. La nivelele fără sau cu îngrășămintele minerale a revenit o cotă a variației

de 2,5%, ceea ce a confirmat ipoteza alternativă la nivelul de semnificație 5%, diferențele au fost semnificative între nivelele fertilizate cu îngrășăminte față de martor conform relației $F_f > F_{0,05}$.

Variabilitatea variației în anii agricoli 2014–2018 a fost constatată ca foarte semnificativă – 5% și $F_f > F_{0,05}$ prin confirmarea ipotezei alternative. Interacțiunea variantelor cu și fără îngrășăminte minerale în diferite doze în anii agricoli cercetați a stabilit o variație de 6,2% la nivelul de semnificație 5%. Astfel, a fost confirmată ipoteza alternativă, care a indicat o dependență a nivelelor de nutriție studiate față de fiecare an agricol. Fertilizarea minerală a grâului de toamnă pe parcursul a patru ani agricoli a demonstrat la nivelul de semnificație 5% că nivelele de nutriție $N_{60-120}P_{3,5}K_{60}$ au sporit semnificativ conținutul de humus în sol cu 0,12-0,17% (tab. A 7.10).

4.3. Monitoringul conținutului de azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil

4.3.1. Azotul nitric

Rezervele de azot nitric la desprăvărare pe parcursul a patru ani agricoli de cercetare au constituit în stratul 1 m de sol 33,9-66,3 kg N- NO_3 /ha la varianta martor până la aplicarea fertilizantului mineral cu azot (tab. A 7.12). Cantitatea de azot nitric a variat în funcție de dozele aplicate și a fost dependentă de mărimea nivelelor de fosfor mobil, care au contribuit la mobilizarea azotului din sol. Fertilizarea în dozele de azot 120-180 kg/ha pe fondul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol a majorat cantitatea de azot nitric cu 33,0-71,5 kg N- NO_3 /ha, respectiv: 41,6-74,7 kg N- NO_3 /ha sau de 1,9-2,2 ori față de martor.

În faza de înflorire rezervele de azot nitric au oscilat între 13,4 și 29,3 kg/ha la martor, iar la aplicarea îngrășământului cu azot în doze înalte pe fondul de fosfor mobil $P_{3,5}$ mg P_2O_5 /100 g de sol, au crescut cantitățile de azot nitric cu 60,0-65,5 kg /ha și 98,4-103,9 kg N- NO_3 /ha. În faza de maturitate deplină, comparativ cu faza de înflorire, rezervele de azot nitric au crescut până la 18,3-35,9 kg N- NO_3 /ha la varianta martor. Fertilizarea cu aceleași doze de îngrășăminte pe nivelul $P_{3,5}$ mg/100 g de sol a determinat micșorarea cantității de N- NO_3 în sol, dar s-au păstrat ridicate la doza N_{120} cu 38,3-48,3 kg/ha și la N_{180} cu 60,4-91,3 kg/ha sau de 3,0 și 4,5 ori față de martor.

Cele mai scăzute rezerve de azot nitric în primele două faze fenologice au fost în anul agricol 2014–2015 în faza de înfrățire la martor – 33,9 kg/ha, s-au majorat cu 10,7 kg/ha la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-2,5}K_{60}$. Dozele ridicate de azot pe nivelul de fosfor mobil $P_{3,5}$ mg/100 g de sol au avut rezerve mai mari de azot nitric – cu 33,0-41,6 kg/ha (tab. 4.4).

În faza de înflorire rezervele de N- NO_3 au scăzut la martor până la 13,4 kg/ha, la variantele fertilizate cu 120 kg N/ha pe fond de $P_{1,5-2,5}$ mg P_2O_5 /100 g de sol rezervele de N- NO_3 s-au majorat până la 90,6 kg/ha, respectiv, la dozele de 120-180 kg N/ha pe nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100

g de sol cantitatea a crescut până la 78,9 și 117,3 kg/ha de azot nitric, fapt datorat secetei pedologice (tab. 4.4).

Tabelul 4.4. Rezervele de azot nitric medii în stratul 0-100 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018, kg/ha

Varianta	Faza fenologică											
	Înfrățire				Înflorire				Maturitate deplină			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
Martor	33,9	66,3	57,2	36,5	13,4	29,3	23,6	19,5	18,3	35,9	29,1	46,7
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	47,8	99,7	159,7	76,0	88,5	73,3	29,7	70,6	71,4	41,8	20,7	83,2
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	44,6	137,1	136,4	58,8	90,6	62,4	77,4	71,7	75,6	54,5	38,0	77,1
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	32,5	64,7	64,9	36,9	15,7	29,0	15,0	27,6	29,3	43,7	26,1	30,7
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	39,1	94,6	69,8	47,2	38,4	42,4	58,8	56,9	40,9	38,4	34,7	76,5
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	66,9	137,8	78,0	78,4	78,9	89,7	36,3	121,6	56,6	84,2	45,4	103,8
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	75,5	141,0	83,3	77,8	117,3	127,7	35,9	62,3	109,6	96,3	68,2	82,8

Un consum ridicat al rezervelor de azot nitric în anul agricol 2016–2017 s-a observat în stratul arabil la martor în faza de înfrățire, care a constituit 29,5 kg/ha, s-a majorat cu 3,8-14,2-24,8 kg/ha la dozele de azot N₆₀₋₁₂₀₋₁₈₀. În faza de înflorire, cantitatea de N-NO₃ a constituit la martor 12,5 kg/ha, iar la dozele experimentale N₁₂₀₋₁₈₀ s-a redus comparativ cu martorul cu 7,1-10,3 kg/ha. În stratul 1 m de sol plantele au consumat cantități mari de azot nitric, de aceea este necesară aprovizionarea cernoziomului carbonatic cu rezerve de nitrați [174, p. 583-586].

Nefertilizarea cu îngrășăminte cu azot în doză de N₀P_{3,5}K₆₀ a echivalat rezervele de N-NO₃ la nivelul martorului. Doza de 60 kg N/ha pe fondul P_{3,5}K₆₀ nu a majorat rezervele de azot nitric în stratul 1 m de sol, însă pentru a asigura un nivel de recoltă înalt și fără impact ecologic s-ar impune administrarea unei doze intermediare de azot de 90 kg/ha. Administrarea îngrășământului cu azot a contribuit la majorarea rezervelor de N-NO₃ în stratul 0-100 cm de sol, îndeosebi la dozele înalte de azot, de 1,8-2,0 ori față de martor.

Rezultatele obținute au constatat că aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu azot în doză mai mare de 120 kg N/ha pe cernoziomul carbonatic în asolament de câmp a contribuit la acumulări de cantități de azot nitric în stratul de 1 m de sol, care în timp, sub acțiunea precipitațiilor atmosferice, s-au levigat pe profil, devenind o sursă iminentă de poluare cu nitrați.

În anii agricoli 2016–2018, în faza de înfrățire pe nivelul de nutriție N₁₂₀P_{3,5}K₆₀ conținutul de azot nitric a fost dublu față de martor. Cantitatea de N-NO₃ în stratul de sol 0-20 cm pe nivelul de nutriție N₆₀P_{3,5}K₆₀ la înflorire a fost de 0,60-1,55 mg și de 0,61-1,59 mg/100 g de sol la N₁₂₀P_{3,5}K₆₀. În faza de maturitate deplină, conținutul de azot nitric la doza N₆₀ kg/ha a fost de 0,42-1,31 mg, iar tratarea cu N₁₈₀ kg/ha a menținut concentrația la 1,01-1,49 mg N-NO₃/100 g sol [40,

p. 207-212]. Cercetările efectuate de Laboratorul agrochimie al IPAPS „N. Dîmo” la grâul de toamnă pe cernoziom carbonatic în perioada 2015–2019 în sistem mineral de nutriție au indicat în stratul 0-20 cm de sol modificări neesențiale în cantitatea de N-NO_3 kg/ha. În stratul de sol 0-100 cm, după fertilizarea solului cu 60-120 kg N/ha pe fond $\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$, cantitatea de nitrați s-a majorat cu 40-60 kg/ha [68, p. 309-317].

Datele experimentale obținute privind conținutul de azot nitric în stratul de sol 0-20 cm la varianta nefertilizată în anul agricol 2014–2015 au indicat $0,17 \pm 0,02$ mg/100 g de sol și $0,35 \pm 0,05$ mg/100 g de sol în anul agricol 2015–2016, cu o variabilitate a variației de 27,58 și 31,02% (tab. A 7.13). Seceta extremă din anul agricol 2014–2015 a determinat majorarea conținutului de azot nitric în straturile 0-20 și 20-40 cm de sol la varianta martor cu 0,22, respectiv 0,20 mg N-NO_3 /100 g de sol. Fertilizarea cu azot în doze de 60-180 kg/ha s.a. duce la acumularea azotului nitric în mărime de 0,63-1,37 mg N-NO_3 /100 g sol, respectiv 0,33-0,76 mg N-NO_3 /100 g sol. În anul agricol 2015–2016, datorită precipitațiilor de primăvară și topirii zăpezii, s-a observat levigarea nitraților pe profil la toate dozele de azot în stratul de sol 0-60 cm de 1,5-2,7 ori mai mult față de martor. Anul agricol 2016–2017 a fost foarte umed, ceea ce a stimulat absorbția intensivă a ionului de NO_3^- pe adâncimea solului 0-80 cm de către sistemul radicular la toate dozele de azot. Straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol în perioada cercetată au avut cel mai înalt conținut de azot nitric.

Conținutul de nitrați a avut o variabilitate semnificativă, iar seria variațională s-a dovedit neuniformă în anul agricol 2017–2018, cu cea mai ridicată variație – de 66-92%. Criteriul Student la toate variantele fertilizate a avut relația $t_f < t_{0,05}$, care s-a datorat datelor de laborator mai mici de o unitate.

Varianța bifactorială a scos în evidență asocierea a doi factori: nivelele de nutriție (A) și perioada anilor agricoli cercetați (B). S-a constatat o variație semnificativă a conținutului de N-NO_3 de 38,3% între nivele după criteriul F conform relației $F_f > F_{0,05}$ la nivelul de semnificație 5% cu efect bine stabilit. Manifestarea variantelor fertilizate cu îngrășăminte minerale a constituit 26,5%, criteriul F a fost foarte semnificativ și relația de dispersie $F_f > F_{0,05}$ cu semnificația de 5% a indicat o diferențiere semnificativă între dozele de azot față de martor. Interacțiunea îngrășămintelor cu azot pe parcursul anilor agricoli a avut o influență de 3,9%, criteriul F fiind semnificativ, cu efect bine stabilit prin existența diferențelor între ani. Interacțiunea factorilor studiați a fost de 8,1%, s-a constatat că criteriul F conform relației $F_f < F_{0,05}$ la semnificația 5% prin confirmarea ipotezei nule nu a indicat aceeași variabilitate la nivelele fertilizate cu azot în diferiți ani agricoli. Diferențele de limite înalte ale conținutului de N-NO_3 s-au stabilit la nivelele de nutriție $\text{N}_{120}\text{P}_{1,5-2,5}\text{K}_{60}$ de 0,32-0,36 mg N-NO_3 /100 g de sol și $\text{N}_{120-180}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$ de 0,35-0,47 mg N-NO_3 /100 g de sol (tab. A 7.13).

Rezervele de azot nitric au păstrat aceleași legități de acumulare descrise mai sus pe straturi în funcție de condițiile agroclimatice ale anilor agricoli. Nivelele de fertilizare experimentate au avut o variabilitate semnificativă, între 25,64 și 79,50%, de unde a rezultat o neuniformitate la seriile variaționale ale datelor obținute pe straturi. Conform criteriului Student, s-a observat că administrarea azotului în anii 2015 și 2016 în doze de 120-180 kg N/ha pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5-3,5 mg/100 g de sol conform relației de dispersie $t_t > t_{0,05}$ a fost cu efect bine stabilit. În anii agricoli 2016–2017 și 2017–2018 s-a constatat un efect bine stabilit la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,5}K_{60}$. Studiile efectuate în anii agricoli 2016–2017 și 2017–2018 au determinat la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-2,5}K_{60}$ și $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$ relația de dispersie $t_t > t_{0,05}$, cu efect major al îngrășământului mineral cu azot. S-a confirmat rolul fertilizator al azotului în comparație cu varianta martor, care a indicat existența diferențelor semnificative ale conținutului de N-NO₃ în anii agricoli 2016–2017 și 2017–2018.

Variația între variante a constituit 40%, dintre care 28,8% au revenit celor cu diferite doze de azot, și doar 4,2% perioadei de aplicare a azotului pe anii agricoli. Conform criteriului Fisher s-a constatat că au existat diferențe semnificative între variante. Diferențe semnificative au fost la administrarea dozelor de azot 60-120-180 kg/ha pe fondul de fosfor mobil între $P_{3,5}K_{60}$ 3,80-8,90 kg/ha și maximum 11,14 kg/ha de N-NO₃ la doza maximă de azot N_{180} cu efect bine stabilit. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a fost proxy nivelului $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ (tab. A 7.14).

4.3.2. Fosforul mobil

Un rol primordial în fertilitatea solului aparține fosforului. Până la administrarea în sol se impune o analiză complexă a fondului de fosfor, în principal a conținutului de fosfor mobil în stratul arabil la culturile de câmp. Conform structurii fondului fosforic, în zona de stepă se atestă o insuficiență de fosfor ușor accesibil plantelor. Rezervele de fosfor activ sunt concentrate în legăturile fosforului greu accesibil datorită calciului. Fertilizarea sistematică cu îngrășămintele fosforice garantează o eficacitate foarte înaltă la aplicarea dozelor stabilite [137, p. 138-146].

În urma cercetărilor s-a observat că nefertilizarea cernoziomului carbonatic cu fosfor a relevat o dinamică descendentă a fosfaților mobili în stratul 0-20 cm de sol, îndeosebi în faza de înflorire a grâului de toamnă (tab. A 7.15).

În faza de înfrățire conținutul de fosfor mobil la martor în straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol a avut valori cuprinse între 1,1-1,4 mg și 0,6-1,1 mg P₂O₅/100 g de sol. În medie, conținutul de fosfor mobil în stratul arabil și în cel subarabil a constituit 1,2 și, respectiv, 0,9 mg P₂O₅/100 g de sol pe fond natural. Fertilizarea minerală în doza de 120 kg N/ha pe nivelul de fosfor mobil 1,5 mg/100 g de sol a permis menținerea nivelului de fosfor mobil în stratul de sol 0-20 cm între 1,1

și 1,7 mg P_2O_5 /100 g de sol. În stratul de sol 20-40 cm conținutul de fosfor mobil a constituit 0,7-0,9 mg P_2O_5 /100 g de sol, mai scăzut cu 0,2 mg/100 g de sol față de martor. Micșorarea conținutului de fosfor mobil s-a datorat procesului intensiv de absorbție a ionilor de fosfor din zona rizosferei prin stimularea nutriției cu azot.

Valorile conținutului de fosfor mobil $P_{2,5}$ mg P_2O_5 /100 g de sol în straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol au variat între 2,3 și 3,0 mg/100 g de sol, respectiv 0,9 și 2,0 mg/100 g de sol. Majorarea nivelului de fosfor mobil până la 3,5 mg/100 g de sol cu aplicarea dozelor de azot 60-120-180 kg/ha pe fond K_{60} a menținut în stratul 0-20 cm de sol un conținut de 3,1-3,6 mg P_2O_5 /100 g de sol, iar în stratul 20-40 cm de sol a alcătuit 1,2-2,1 mg/100 g de sol.

S-a stabilit că cel mai înalt conținut de fosfor mobil în stratul 0-20 cm de sol în faza de înfrățire a grâului de toamnă a constituit în medie în toți anii agricoli 3,5 mg/100 g de sol, iar în stratul 20-40 cm de sol circa 1,7 mg P_2O_5 /100 g de sol la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$. Studiile efectuate au demonstrat că migrarea fosforului pe profil nu a avut loc.

În faza de înflorire martorul a constituit în straturile de sol 0-20 cm și 20-40 cm 0,8-1,1 mg/100 g de sol și 0,4-0,7 mg/100 g de sol. Nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol au avut conținuturi de fosfați mobili în stratul de sol 0-20 cm de 1,0-1,1 mg/100 g de sol și în stratul 20-40 cm de 0,7-0,8 mg/100 g de sol. Nivelul 2,5 mg P_2O_5 a alcătuit în stratul 0-20 cm de sol circa 1,8-2,2 mg/100 g de sol și în stratul 20-40 cm circa 0,7-1,2 mg/100 g de sol. Pe nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol în stratul 0-20 cm de sol conținutul a fost cuprins între 2,5 și 3,0 mg P_2O_5 /100 g de sol și la 20-40 cm a alcătuit 0,5-1,9 mg/100 g de sol.

În faza de maturitate deplină la martor s-a constatat un conținut de 0,8-1,0 mg/100 g de sol în stratul 0-20 cm și de 0,5-0,6 mg P_2O_5 /100 g de sol în stratul 20-40 cm. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ conținutul de fosfați mobili în ambele straturi nu s-a diferențiat față de varianta nefertilizată. Această nediferențiere s-a datorat dozei ridicate de azot, care a stimulat creșterea plantelor cu sporirea consumului de P_2O_5 din sol. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ în straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol a alcătuit 1,3-1,8 mg P_2O_5 /100 g de sol și, respectiv, 0,5-1,0 mg/100 g de sol. La nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol conținutul de fosfați mobili a constituit 2,3-2,8 mg/100 g de sol în stratul arabil și 0,6-1,0 mg/100 g de sol în cel subarabil. Din analiza conținutului de P_2O_5 în straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol la varianta nefertilizată în trei faze fenologice ale grâului de toamnă au fost obținute următoarele nivele de fosfor mobil: înfrățire: 1,2 și 0,9 mg/100 g de sol, înflorire: 1,0 și 0,7 mg/100 g de sol, respectiv maturitate deplină: 1,0 și 0,6 mg P_2O_5 /100 g de sol.

Doza $N_{120}K_{60}$ pe fond de fosfor mobil 1,5 mg/100 g de sol în toate cele trei faze fenologice a fost mai ridicată cu 0,2 mg/100 g de sol în stratul 0-20 cm de sol. S-a constatat că sistemul

radicular la acest nivel utilizează mult mai eficient fosfații din stratul subiacent. În stratul 20-40 cm de sol conținutul de P_2O_5 a scăzut cu 0,2 mg/100 g de sol, menținându-se comparativ cu faza de maturitate deplină la nivelul variantei martor. La varianta $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ în faza de înfrățire conținutul de fosfor mobil a constituit 2,8 mg/100 g de sol în stratul 0-20 cm și 1,5 mg/100 g de sol în stratul 20-40 cm. În faza de înflorire conținutul a scăzut cu 0,8-0,5 mg/100 g de sol, stabilindu-se în faza de maturitate deplină în medie pe ani la nivelul de 1,5-0,9 mg/100 g de sol. La creșterea nivelului de nutriție cu fosfor $P_{3,5}$ pe fond $N_{120}K_{60}$ în faza de înfrățire, în medie pe toți anii agricoli de studiu, nu s-au observat majorări esențiale în conținutul de fosfor mobil în sol față de variantele $N_0P_{3,5}K_{60}$ și $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ atât în stratul 0-20 cm, cât și în stratul 20-40 cm de sol, cu menținerea acelorași tendințe până la maturitatea deplină a boabelor.

Pe parcursul anilor agricoli 2014–2018 rezervele de fosfor mobil au constituit la martor 35-52 kg/ha, cu media de 44 kg/ha. Rezervele de fosfor în sol au fost influențate cel mai mult de nivelele de fosfor mobil programate: la $P_{1,5}$ mg/100 g de sol – 40-59 kg/ha, în medie 48 kg/ha, similar variantei nefertilizate. S-a observat o creștere a rezervelor de fosfor începând cu nivelul de fosfor mobil $P_{2,5}$ mg/100 g de sol până la 59-96 kg/ha, cu o medie de 79 kg/ha, majorarea cantității a fost de 25-44 kg/ha, în medie cu 35 kg/ha, care a depășit de 1,1-1,9 ori varianta nefertilizată. Indiferent de dozele aplicate cu azot, nivelul de fosfor mobil $P_{3,5}$ mg/100 g de sol a acumulat în stratul 0-40 cm de sol rezerve de 91-136 kg/ha, în medie 109 kg/ha, și au crescut cu 57-84 kg/ha și cu 62 kg/ha în medie. Aceste nivele de fosfor mobil pe parcursul anilor agricoli au fost mai ridicate de 2,6 ori, iar media rezervelor de P_2O_5 a depășit de 2,4 ori varianta nefertilizată. Îngrășământul cu azot a acționat nesemnificativ asupra rezervelor de fosfor în stratul 0-40 cm de sol (tab. A 7.15).

În anii agricoli 2014–2018 conținutul de fosfor mobil a scăzut la martor în stratul 0-20 cm de sol și s-a menținut pe parcursul vegetației în intervalul 1,0-1,2 mg la 100 g de sol la limita naturală, iar în stratul 20-40 cm de sol s-a stabilit o scădere nesemnificativă de fosfați. Conținutul de fosfor mobil 3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol în stratul de sol 0-20 cm față de 20-40 cm a fost mai ridicat, dar și cu cel mai înalt consum în faza de înflorire (tab. 4.5).

Scăderi ale conținutului de fosfor mobil în stratul 0-20 cm de sol s-au remarcat la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$; inițial, în faza de înfrățire, a fost de 2,8 mg și a scăzut la maturitate cu 0,7 mg la 100 g de sol. În stratul 20-40 cm de sol descreșterea a fost neesențială. În acest caz rezultă că fosfații mobili sunt absorbiți cel mai intens din stratul superior al solului la desprimăvărare, odată cu creșterea temperaturii solului, ce contribuie la dezvoltarea sistemului radicular al grâului de toamnă (tab. 4.5).

Tabelul 4.5. Dinamica conținutului și rezervelor de fosfor mobil medii în stratul 0-40 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Faza fenologică						Media pe faze, mg/100 g sol		Rezervele de P ₂ O ₅ în stratul 0-40 cm
	Înfrățire		Înflorire		Maturitate deplină				
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/ha
Martor	1,2	0,9	1,0	0,7	1,0	0,6	1,1	0,7	44
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	1,4	0,8	1,2	0,7	1,2	0,6	1,3	0,7	48
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	2,8	1,5	2,0	1,0	1,5	0,9	2,1	1,1	79
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,3	1,7	2,9	1,3	2,7	1,0	3,0	1,4	106
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,5	1,6	3,0	1,1	2,7	0,9	3,1	1,2	106
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	3,5	1,7	3,0	1,2	2,7	1,1	3,1	1,3	109
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	3,3	1,5	3,0	1,2	2,5	1,0	2,9	1,2	101

La fel, a existat o relație liniară între conținutul de humus și fosfor mobil, conform relației $F_f > F_{0,05}$. În baza datelor obținute se poate presupune existența unei relații medii dintre conținutul de humus și fosfații mobili, iar r_0 al întregii populații s-a aflat în intervalul de la 0,14 la 0,94 mg P₂O₅/100 g de sol. Ipoteza nulă $H_0 : r_0 = 0$ la nivelul de semnificație 5% a fost respinsă în cazul când relația conform criteriului Student a fost $t_r = t_b > t_{0,05}$. Coeficientul de determinație a indicat că 29% din modificările conținutului de P₂O₅ s-au datorat modificărilor conținutului de humus în cernoziomul carbonatic (tab. A 7.16).

4.3.3. Potasiul schimbabil

În solurile din Republica Moldova conținutul de potasiu schimbabil este 17-30 mg/100 g sol sau 1,4-2,3% din conținutul total. Cercetările pe parcursul a 50 de ani au arătat că conținutul de potasiu schimbabil la varianta martor a fost modificat ușor, deși cu recolta s-au exportat din sol circa 4,5-5,0 t/ha de potasiu. Conținutul de potasiu schimbabil în cernoziomul carbonatic este de 27-32 mg/100 g sol. Aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu potasiu în asolament a avut ca rezultat o ușoară creștere a potasiului în sol [179, p. 53-56].

Conținutul de K₂O în stratul 0-20 cm de sol în faza de înfrățire a constituit 38 mg/100 g de sol la martor, iar în stratul 20-40 cm – circa 30 mg/100 g de sol (tab. 7.17). Fertilizarea cu clorură de potasiu în doza K₆₀ pe fond NP a avut un conținut mediu în stratul 0-20 cm de sol de 38-39 mg K₂O/100 g de sol, iar în stratul 20-40 cm de sol – de 28-31 mg K₂O/100 g de sol. În faza de înflorire conținutul de potasiu la martor a fost în ambele straturi de circa 37-31 mg/100 g de sol, iar la fertilizarea cu NP a scăzut în stratul 0-20 cm cu 2-3 mg/100 g și cu 1-2 mg/100 g de sol în stratul 20-40 cm de sol. La recoltarea grâului de toamnă potasiul schimbabil a constituit la martor în stratul 0-20 cm circa 37 mg/100 g, iar în stratul 20-40 cm de sol a scăzut până la 28 mg/100 g de

sol. În schimb, la variantele fertilizate s-a observat o stabilizare a conținutului de potasiu schimbabil în ambele straturi – de 35-36 mg și 27-29 mg/100 g de sol. Fertilizarea de bază cu KCl a majorat conținutul de potasiu schimbabil în stratul arabil cu 1-2 mg în faza de înfrățire, ce denotă că aplicarea dozei unice K_{60} pe fond NP a contribuit la menținerea nutriției echilibrate.

Conținutul de potasiu schimbabil în trei faze fenologice în ambele straturi de sol a fost mai ridicat cu 1-2 mg/100 g sol comparativ cu martorul. Pe adâncimea solului 60-160 cm divizat în straturi diferențe semnificative nu s-au constatat (tab. A 7.18).

Rezervele de potasiu la varianta martor au alcătuit 1.624-1.802 kg/ha, în medie 1.694 kg/ha. Din datele analizate la aplicarea îngrășămintelor minerale cu potasiu, rezervele de potasiu au fost cele mai scăzute la varianta $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și au constituit 1.599-1.726 kg/ha, în medie circa 1.656, s-au redus cu 25-76 kg/ha, iar pe întreaga perioadă de cercetare, cu 102 kg/ha față de martor. Unicul nivel de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a menținut rezerva medie de potasiu în stratul 20-40 cm de sol la nivelul variantei nefertilizate (tab. 4.6 și tab. A 7.17).

Conform rezultatelor analizelor solului, conținutul de potasiu schimbabil s-a modificat la fertilizarea minerală.

Tabelul 4.6. Dinamica conținutului și rezervelor de potasiu schimbabil medii în stratul 0-40 cm pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Faza fenologică						Media pe faze, mg/100 g de sol		Rezervele de K ₂ O în stratul 0-40 cm
	Înfrățire		Înflorire		Maturitate deplină				
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/ha
Martor	38	30	37	31	37	28	37	30	1694
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	38	30	36	28	36	30	36	29	1656
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	39	28	34	27	35	27	36	27	1593
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	40	31	36	28	36	28	37	29	1675
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	38	28	35	28	35	27	36	28	1612
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	39	31	36	29	35	29	37	30	1682
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	39	32	34	29	35	27	36	29	1650

În stratul de sol 0-20 cm în anii agricoli de referință conținutul de potasiu schimbabil a fost mai mare pe toate nivelele de nutriție analizate cu 1-2 mg la 100 g de sol în faza de înfrățire față de martor. În faza de înflorire conținutul a scăzut în medie de la 1 mg până la 3 mg la 100 g de sol. În faza de maturitate deplină conținutul de potasiu schimbabil s-a restabilit la nivelul martorului. Un contrast în privința conținutului K_2O s-a observat în stratul 0-40 cm de sol, care în toate fazele fenologice a fost mai scăzut decât la martor cu 1-2 mg la 100 g de sol (tab. 4.6). Presupunem că

micșorarea conținutului mediu de potasiu schimbabil în sol ține nu doar de cultivarea grâului de toamnă, dar și de celelalte trei culturi din asolament, care au cerințe nutriționale diferențiate.

Descresșterea rezervelor de potasiu în stratul 0-40 cm de sol s-a datorat consumului intensiv de potasiu schimbabil de către sistemul radicular la formarea organelor vegetative și exportului cu recolta principală din câmp. Conform rezervelor calculate, s-a observat că doza unică de potasiu K_{60} , indiferent de nivelul de fosfor mobil în sol, a contribuit la majorarea conținutului de potasiu schimbabil în stratul 0-20 cm și a menținut nivelul de potasiu schimbabil în stratul 20-40 cm de sol pe întreaga perioadă ontogenetică. Astfel, considerăm că doza de potasiu de 60 kg/ha a influențat rezistența la secetă a plantelor, dar și bilanțul elementelor nutritive, inclusiv al humusului.

4.4. Concluzii la capitolul 4

1. Rezervele de apă productivă s-au diferențiat în decursul a patru ani agricoli în funcție de condițiile agroclimatice, fazele fenologice și nivelele de nutriție minerală. Rezervele de apă productivă în faza de înfrățire în stratul de 1 m de sol au fost în anul agricol 2014–2015 foarte bune, iar în anii agricoli 2015–2016, 2016–2017 și 2017–2018 rezervele au fost bune pe nivelele fertilizate. În faza de înflorire rezervele de apă productivă în anul agricol 2015–2016 au fost scăzute și foarte scăzute în ceilalți trei ani agricoli cercetați. În faza de maturitate deplină rezervele de apă au fost foarte scăzute la toate nivelele fertilizate, ceea ce a determinat instalarea secetei pedologice.

2. În urma cercetării s-a stabilit că nivelele de nutriție minerală formate prin aplicarea îngrășămintelor minerale au influențat semnificativ acumularea și sinteza conținutului de humus în întreaga perioadă de vegetație a grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic al Republicii Moldova. Aplicarea îngrășămintelor azotate în doze diferite pe un fond unic de fosfor mobil a majorat acumularea conținutului de humus de la 0,09% până la 0,17%. Alternarea nivelelor de fosfor mobil în sol pe un fond unic de azot a majorat acumularea conținutului de humus de la 0,05% până la 0,17%. Conținutul de potasiu nu a influențat creșterea conținutului de humus în sol.

3. Aplicarea îngrășămintelor cu azot a influențat semnificativ rezervele de azot nitric în sol. În medie, pe parcursul a patru ani agricoli, rezervele de azot nitric în stratul de sol de 1 m au oscilat în funcție de dozele de azot aplicate pe cernoziom carbonatic. Cele mai ridicate rezerve de azot nitric în trei faze fenologice au fost la dozele de azot $N_{120-180}$ kg/ha. În faza de înfrățire rezervele de azot nitric au fost de 1,3-2,2 ori mai mari decât la martor. În faza de înflorire rezervele de azot nitric au fost cele mai ridicate, de 2,6-6,7 ori față de varianta nefertilizată. La recoltare rezervele de $N-NO_3$ au depășit de 1,2-2,7 ori martorul.

4. Conținutul de fosfor mobil în sol pe parcursul a patru ani agricoli fără fertilizare minerală a constituit 0,8-1,3 mg/100 g sol în sol. Ritmul de scădere a conținutului de fosfor mobil pe nivelul de fertilizare $P_{1,5}$ mg a fost lent, pe nivelul $P_{2,5}$ mg – ridicat și pe nivelul $P_{3,5}$ mg/100 g sol – moderat. Aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu potasiu în asolament de câmp a majorat neesențial conținutul, cu 1-2 mg/100 g de sol pe cernoziomul carbonatic, dar a servit ca doză susținătoare și compensatoare în perioada consumului de către plante.

5. INFLUENȚA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII GRÂULUI DE TOAMNĂ PE CERNOZIOM CARBONATIC

5.1. Recolta și calitatea grâului de toamnă la aplicarea îngrășămintelor minerale

Cercetătorii N. Tmušić et al. (2021) de la Centrul de Cercetări ale Culturilor Cerealiere Mici din Kragujevac, centrul Serbiei, au studiat influența îngrășămintelor minerale asupra indicilor de recoltă și calitate la grâul de toamnă cultivat pe vertisol. La baza cercetărilor au fost două soiuri de grâu de toamnă, Ana Morava și KG 100, cu schema variantelor: 1. $N_0P_0K_0$; 2. $N_{80}P_0K_0$; 3. $N_{80}P_{60}K_{60}$; 4. $N_{80}P_{100}K_{60}$; 5. $N_{80}P_{60}K_0$; 6. $N_{80}P_{100}K_0$; 7. $N_{80}P_0K_0$ pe parcursul a trei ani agricoli pe experiențele stațiunii. În urma analizei datelor s-a stabilit că recolta și calitatea grâului de toamnă depind de genotip, condițiile agroecologice și metodele de creștere. Pe solurile acide, în comparație cu cele slab alcaline, scade semnificativ productivitatea culturii. Nivelul recoltei pe vertisol a fost determinat de fertilizarea cu NPK atât la un conținut scăzut, cât și ridicat de fosfor mobil. Soiul Ana Morava s-a dovedit a fi cu cel mai înalt nivel de recoltă, 6.276 kg/ha la varianta $N_{80}P_{60}K_{60}$, iar masa a 1.000 de boabe în trei ani agricoli a depășit soiul concurent. Analiza ANOVA a arătat un efect semnificativ dintre anii agricoli și dozele aplicate, la fel, interacțiunea dintre ani și influența variantelor cu îngrășămintă minerale la masa a 1.000 de boabe [198, p. 4611-4627].

Cercetătorul V. Lungu [66, p. 159-163], analizând rolul nivelelor de nutriție pe sol cenușiu asupra productivității grâului de toamnă, a stabilit că efectul îngrășămintelor minerale a fost dependent de regimul pluviometric, fiind maxim în anii agricoli favorabili și minim în cei secetoși. Recolta medie a grâului de toamnă la martor a constituit 2.600 kg/ha pe nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, sporul de recoltă a fost 59%. Dozele de azot ridicate, 180-240 kg/ha, nu au majorat nivelul producției, dar au influențat semnificativ conținutul de gluten. Nivelele de nutriție cu fosfor mobil 3,0-3,5 mg/100 g sol pe fond optim de azot au asigurat recolte înalte.

Studiile efectuate la grâul de toamnă asupra recoltelor de către autor în comun cu doctorul în științe agricole V. Lungu pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2011–2017 au stabilit la martor 2,13 t/ha, iar la nivelele de nutriție $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$ s-au obținut 2,94-3,07 t/ha boabe. Creșterea medie a constituit 22-38%. Recolta la nivelul de nutriție $P_{3,5}K_{60}$ a constituit 2,44 t/ha sau 14,6%. Dozele de azot 60-120-180 kg/ha au majorat nivelurile recoltei cu 33-44%, ceea ce a constituit 2,83-3,07 t/ha. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-a dovedit a fi cel mai productiv. Calitatea boabelor la martor a fost de 21,5% gluten umed. Aplicarea dozei de azot N_{60} kg/ha a majorat conținutul cu 4,3%, iar la N_{180} kg/ha – cu 4,8% și a II-a grupă de calitate [180, p. 77-80].

Cercetările efectuate în anii agricoli 2012–2016 au scos în evidență acțiunea directă a secetelor atmosferice sub 58% de depuneri față de norma multianuală, cu zile caniculare $t > 30^{\circ}\text{C}$ timp de 21 de zile consecutive. În această perioadă nivelul recoltei la mator a constituit 1,83 t/ha, la variantele fertilizate a variat între 2,45 și 2,54 t/ha, sporul a crescut cu 4-45%. Conținutul de gluten umed la mator a constituit 22,8%, iar la nivelele fertilizate cu azot N_{60} și N_{120} kg N/ha conținutul de gluten a fost 25,2-29,6% [173, p. 32].

În cercetările multianuale din satul Grigorievca, raionul Căușeni, cu îngrășăminte minerale pe cernoziomul carbonatic s-au obținut recolte moderate de grâu de toamnă. Eficacitatea scăzută a îngrășămintelor a depins în mare măsură de cantitatea de umiditate din sol. La varianta mator recolta a fost de 2.413 kg/ha, cea mai ridicată recoltă, de 3.159 kg/ha, a fost la nivelul de nutriție $\text{N}_{120}\text{P}_{4,5}\text{K}_{60}$. Sporul de recoltă la nivelele fertilizate cu NPK a variat între 2 și 31%. La aplicarea dozelor de azot N_{90-120} kg/ha nivelul recoltei s-a majorat cu circa 187-740 kg/ha. Fertilizarea cu îngrășăminte minerale a sporit conținutul de gluten în boabe de la 27% până la 34%. Cel mai mare conținut de gluten – 34% – s-a obținut la doza N_{180} kg/ha. Indicele de deformare a glutenului situează calitatea boabelor în grupele I și a II-a [36, p. 199-201].

Seceta atmosferică puternică din anul agricol 2014–2015 a diminuat semnificativ recolta la grâu de toamnă, în schimb calitatea ei a crescut. La mator recolta a constituit 1.090 kg/ha, iar la doza N_{120} kg/ha pe nivelul optim de fosfor a crescut până la 2.330 kg/ha, cu spor de circa 114%. La aceeași doză de azot pe fond 1,0 mg de P_2O_5 în sol recolta a fost de 1.420 kg/ha, cu sporul de 30% față de mator [37, p. 57-58].

În anul agricol 2014–2015 nivelul cel mai înalt de recoltă s-a obținut la $\text{N}_{120}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$ – de 2,24 t/ha, sporul a constituit 106%. Doza de 60 kg N/ha pe nivelul $\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$ în condiții de secetă extremă a permis obținerea recoltei de 2,10 t/ha, sporul fiind de 1,01 t/ha sau 93% (tab. 5.1).

Coeficientul de variație calculat la mator a fost de 8,76%, nivelele cu variabilitate semnificativă au depășit variația matorului de 4,53 și 3,79 ori la $\text{N}_{120}\text{P}_{2,0}\text{K}_{60}$ și $\text{N}_{120}\text{P}_{2,5}\text{K}_{60}$. Studiul variabilității dintre recolte și îngrășămintele minerale a indicat o variație medie la majoritatea nivelelor de nutriție de 10,21% la $\text{N}_{120}\text{P}_{1,5}\text{K}_{60}$ și 18,70% la $\text{N}_{60}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$. Precizia mediei aritmetice a nivelelor de nutriție a fost variabilă și a depășit 7% nu datorită nivelului metodologic al experienței, ci variabilității recoltelor pe repetiții sub influența fertilizării minerale.

Calculul criteriului Student asupra diferenței mediilor a indicat valori ridicate la nivelele de nutriție $\text{N}_{120}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$ și $\text{N}_{180}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$ de 3,20-3,35 prin expresia $t_f > t_{0,05}$, astfel ipoteza nulă în privința diferențelor semnificative a fost infirmată. La celelalte nivele fertilizate expresia $t_f < t_{0,05}$ a rămas cu o diferență nesemnificativă și ipoteza nulă nu s-a infirmat (tab. A 8.6).

Referitor la semnificația diferențelor, aceasta a fost destul de bine stabilită după criteriul Fisher 4,75, ipoteza nulă a fost respinsă și s-au determinat diferențe semnificative între nivelele de nutriție la nivelul de semnificație 5% (tab. A 8.1).

În anul agricol 2015–2016 recolta grâului de toamnă la martor a constituit 2,76 t/ha. Dozele diferite de azot pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5-3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol au influențat atât nivelul recoltei, cât și calitatea ei. Fertilizarea în doza N_{120} kg/ha, în paralel cu majorarea nivelului de fosfor mobil de la 1,0 până la 3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol, au contribuit la creșterea recoltei de la 3,00 t/ha până la 4,62 t/ha boabe, sporul de recoltă a alcătuit 0,24-1,86 t/ha sau 9-67%. Doza maximă N_{180} kg/ha pe fond optim de fosfor a majorat nivelul recoltei până la 4,70 t/ha sau cu 70% [39, p. 69-73].

Cea mai mare variație a nivelurilor de recolte a fost la varianta nefertilizată 22,64%. Variabilitate medie s-a constatat la nivelele de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{2,0-2,5-3,5-4,5}K_{60}$, alcătuind 13,99-19,05%. Conform coeficienților de variație obținuți s-a observat că a crescut uniformitatea nivelelor fertilizate față de variația dozelor de îngrășăminte minerale care au influențat producțiile obținute pe cernoziomul carbonatic. Eroarea relativă a mediei recoltelor la martor a fost cea mai înaltă: $S_x=11,32\%$ și s-a datorat variabilității producției între repetiții, iar la nivelele fertilizate cu NPK și NP s-au stabilit $S_x=1,44\%$ și $S_x=9,53\%$.

Testul Student a scos în evidență la nivelul de semnificație de 5% o neuniformitate la majoritatea nivelelor fertilizate. Nivelele de nutriție la care ipoteza nulă privind diferențele semnificative între medii a fost infirmată sau respinsă cu expresia $t_f > t_{0,05}$ au fost: $N_{120}P_{3,0}K_{60}$, $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, $N_{120}P_{4,0}K_{60}$, $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ și $N_{180}P_{3,5}K_{120}$. Celelalte nivele raportate la martor au o singură expresie $t_f < t_{0,05}$ cu fluctuații ale recoltelor aleatorii la care ipoteza nulă nu a fost infirmată. Varianța unifactorială a demonstrat prin criteriul $F = 9,27$ diferențe semnificative între nivelele comparate cu respingerea ipotezei nule la nivelul de semnificație de 5% (tab. A 8.2).

În anul agricol 2016–2017 s-au obținut cele mai înalte producții de boabe de grâu din întreaga perioadă de cercetare, sporurile fiind semnificative datorită rezervelor suficiente de umiditate în stratul 1 m de sol. La martor s-a obținut 3,22 t/ha boabe, la nivelul de nutriție $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ recolta a constituit 5,79 t/ha, fiind cea mai ridicată, cu un spor maxim de 2,56 t/ha sau 80%. Excluderea îngrășământului cu azot pe fond $P_{3,5}K_{60}$ a majorat producția cu 0,60 t/ha boabe și a avut un efect agronomic nesemnificativ conform sporului de 19%. Administrarea dozei unice de 120 kg N/ha pe fond de fosfor mobil $P_{3,0-3,5}K_{60}$ a asigurat recolte de 5,67 t/ha, respectiv 5,51 t/ha sau sporuri de 76% și 71% față de martor. Doza de 120 kg N/ha în combinație cu nivelele de fosfor mobil ridicate de 4,0-4,5 mg la 100 g de sol limitează nivelul recoltelor până la 5,55 t/ha boabe. După analiza nivelelor de nutriție s-a stabilit că doza de azot $N_{120}K_{60}$ a fost cea mai

eficientă. În acest context s-a evidențiat nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ de 5,78 t/ha cu spor de 2,56 t/ha sau 79% (tab. 5.1)

Tabelul 5.1. Recolta și sporul de recoltă ale grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Anul agricol								Media 2014-2018	
	2014-2015		2015-2016		2016-2017		2017-2018			
	Recolta	Spor	Recolta	Spor	Recolta	Spor	Recolta	Spor	Recolta	Spor
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Martor	1,09	-	2,76	-	3,22	-	2,72	-	2,45	-
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	1,11	2	3,00	9	4,86	51	3,08	13	3,01	23
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	1,70	56	3,92	42	5,44	69	2,96	9	3,50	43
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	1,59	46	3,72	35	5,69	76	3,82	41	3,70	51
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	1,84	69	4,13	50	5,78	79	3,73	37	3,87	58
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	1,80	66	4,49	63	5,67	76	4,37	61	4,08	67
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	1,83	68	4,63	68	5,51	71	4,78	76	4,19	71
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	1,71	57	4,38	59	5,53	72	4,27	57	3,97	62
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	1,82	68	4,24	54	5,55	72	4,16	53	3,94	61
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	1,51	39	2,92	6	3,82	19	3,47	28	2,93	20
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	1,72	58	3,34	21	4,65	44	3,72	37	3,36	37
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2,10	93	3,41	24	4,96	54	4,03	48	3,62	48
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	2,00	84	3,57	29	5,09	58	3,70	36	3,59	47
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2,24	106	4,42	60	5,24	63	4,13	52	4,01	64
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2,25	107	4,70	70	5,59	74	4,48	65	4,26	74
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	2,15	98	4,48	63	5,79	80	2,81	3	3,81	56
S _x , (t)	0,16	-	0,21	-	0,16	-	0,32	-	0,12	-
S _x , (%)	8,91		5,49		3,19		8,43		3,37	
DL _{0,05} ,(t/ha)	0,46		0,61		0,47		0,92		0,35	
DL _{0.05} , (%)	25.69		15.83		9.20		24.32		9.73	

Coeficientul de variație a constituit 2,80% la martor, la celelalte variante a avut o variabilitate nesemnificativă – 0,77% – la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ până la 9,65% la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$. Nivelul de nutriție cu cel mai ridicat conținut de fosfor mobil $N_{120}P_{4,5}K_{60}$ a fost unicul care a înregistrat o variație medie de peste 4,3 ori, depășind martorul datorită efectului fertilizator. Erorile mediilor aritmetice calculate separat pentru fiecare nivel au avut precizii cu diferiți indicatori de referință la martor: $S_x=2,80\%$, cea mai înaltă precizie $S_x \leq 2\%$ a fost la variantele fertilizate $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ și $N_{0-30}P_{3,5}K_{60}$, unde $S_x = 0,38-1,14\%$ și $1,27\%$. Nivelele de nutriție cu precizie bună $S_x \leq 3\%$ au avut un interval al erorilor mediei aritmetice de la $S_x=2,24\%$ la $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ până la $S_x=2,82\%$, iar la nivelul $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ cu precizie relativ satisfăcătoare. Erorile care se încadrează în limitele $S_x=3-5\%$ s-au constatat la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,0-4,0}K_{60}$ cu $S_x=3,16-3,91\%$ și $N_{90}P_{3,5}K_{60}$, $S_x=4,83\%$. Criteriul Student a indicat că ipoteza nulă privind absența diferențelor semnificative între mediile recoltelor a fost infirmată sau respinsă la fertilizarea cu

îngrășăminte minerale la nivelul de semnificație de 5% prin expresia statistică $t_f \geq t_{t0,05}$, astfel având o distribuție normală.

Varianța unifactorială după criteriul $F=19,63$ în cazul $F_f > F_{teor}$ a evidențiat existența diferențelor semnificative ale nivelurilor de recolte între nivelele fertilizate comparate (tab. A 8.3).

Anul agricol 2017–2018 a fost favorabil creșterii și dezvoltării grâului de toamnă la administrarea îngrășămintelor minerale. Recolta a fost de 2,72 t/ha la varianta martor, iar la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ recolta maximă a constituit 4,78 t/ha, cu un spor dublu de 2,06 t/ha sau 76%. Nutriția minerală cu NPK a majorat recoltele de la 2,81 t/ha până la 4,37 t/ha, sporind de la 0,09 t/ha până la 1,65 t/ha sau între 3 și 60%.

Variabilitatea recoltelor de grâu de toamnă la varianta nefertilizată a constituit 10,78%, sub acțiunea îngrășămintelor minerale pe cernoziomul carbonatic, iar la nivelele cu nutriție minerală au fost de 1,05-2,22 ori mai mare față de martor. Nivelele de nutriție la care a lipsit variația au fost: $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și $N_{60}P_{3,5}K_{60}$. Eroarea relativă a nivelelor de nutriție a alcătuit la martor 5,39%, ajungând la $N_{30}P_{3,5}K_{60}$ până la 23,96% datorită variabilității semnificative. Erorile relative s-au diferențiat la variantele fertilizate prin variația recoltelor în funcție de dozele de azot administrate la fiecare nivel cu fosfor mobil: 1,0-3,0 mg $P_2O_5/100$ g de sol ($S_x=4,04-8,40\%$), 3,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol ($S_x=8,13-10,50\%$). Analiza distribuției normale conform criteriului t_f a confirmat abateri semnificative ale recoltelor la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,0-3,5-4,0-4,5}K_{60}$ prin expresia $t_f > t_{t0,05}$. Nivelul de nutriție care a corespuns nivelului de semnificație a fost $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ unde $t_f > t_{t0,05}$. Testul $F=3,79$ a respins ipoteza nulă datorită diferențelor semnificative între recoltele nivelelor fertilizate raportate la varianta martor în experiență (tab. A 8.4).

Cercetările din anii agricoli 2014–2018 asupra recoltei grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic sub acțiunea îngrășămintelor minerale, pe parcursul a patru ani, au stabilit că recolta medie la martor a fost de 2,45 t/ha, cu un diapazon de recolte de la 2,35 t/ha până la 2,55 t/ha boabe. Recoltele la varianta $N_0P_{3,5}K_{60}$ la care s-au administrat doar îngrășăminte cu NP și K toamna și la $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ au fost cele mai mici – de 2,93-3,01 t/ha, cu sporuri nesemnificative între 0,48 și 0,56 t/ha. Nivelele de nutriție în care s-au administrat doze unice de 120 kg N/ha și 60 kg K/ha pe fonduri crescânde de fosfor mobil de la 1,5 mg/100 g până la 3,5 mg/100 g de sol au demonstrat că recoltele s-au diferențiat și au constituit la $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ 3,44-3,58 t/ha, cu o majorare până la 4,19 t/ha. Recoltele cuprinse în intervalul 4,06-4,32 t/ha la varianta $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ au avut sporuri de 0,56-1,74 t/ha sau 23-71%. La varianta $N_{120}P_{4,0}K_{60}$ comparativ cu martorul, recoltele s-au menținut practic la același nivel. Fondurile ridicate de fosfor mobil (4,0-4,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol) au condus la creșteri de recoltă de 3,94-3,97 t/ha boabe. La aplicarea dozelor de 30-60 kg N/ha pe fondul $P_{3,5}K_{60}$ producțiile obținute au alcătuit 3,36-3,62 t/ha în intervalul recoltelor 3,21-3,51

t/ha și 3,58-3,66 t/ha, respectiv prin sporuri mici de 0,48-0,91 t/ha sau 20-37%. Doza ridicată de azot – 180 kg/ha pe fondul $P_{3,5}K_{60-120}$ – nu a majorat semnificativ recoltele. Nivelul de nutriție cu efect agronomic a fost stabilit la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ (tab. A 8.6).

Coeficientul de variație medie a indicat o variație nesemnificativă de 8,52% la mator. La nutriția minerală variabilitatea a fost mică, cu amplitudinea variației de 2,06-8,66%. Variația producțiilor la creșterea nivelelor de nutriție au fost de 1,28-4,14 ori mai mică sau echivalentă comparativ cu matorul. Variabilitatea maximă medie s-a constatat la nivelul de nutriție $N_{120}P_{4,5}K_{60}$ – 11,54%, la care variația recoltei a depășit de 1,35 ori matorul absolut. Conform gradului de uniformitate a recoltelor, coeficientul de uniformitate a fost la mator 91,48% și la aplicarea îngrășămintelor minerale în medie 91,34-97,94%, fiind cea mai scăzută uniformitate care a rămas la nivelul de nutriție $N_{120}P_{4,5}K_{60}$ de 88,46%. Rezultatele analizei varianței unifactoriale referitor la recoltele grâului de toamnă cu diferite doze de îngrășămintă minerale sunt prezentate în tabelul 6 din anexa 8. Raportarea mediilor recoltelor la mator a confirmat variația influenței fertilizatoare a îngrășămintelor minerale între doze cu stabilirea valorii semnificative a testului F.

Precizia mediei aritmetice a recoltelor în anii agricoli 2014–2018 a constituit la mator 4,26%, fiind satisfăcătoare. La variantele cu îngrășămintă minerale preciziile mediei aritmetice ale recoltelor s-au clasificat ca suficient de exacte ($P = 1,03-1,91\%$), bune ($P = 2,77-3,12\%$), destul de satisfăcătoare ($P = 3,09-4,95\%$) și satisfăcătoare ($P = 5,77\%$) datorită variabilității la nivelul de nutriție $N_{120}P_{4,5}K_{60}$.

Criteriul de semnificație a diferenței t_f față de mator la nivelul teoretic de semnificație $t_{0,05}$ a fost stabilit după trei cazuri conform expresiei $t_f > t_{0,05}$ la nivelele de nutriție: $N_{120}P_{1,5-4,5}K_{60}$ și $N_{60-180}P_{3,5}K_{60-120}$. Astfel, ipoteza nulă privind absența diferențelor semnificative dintre mediile recoltelor a fost respinsă. Influența îngrășămintelor asupra recoltelor a fost stabilită sau destul de bine stabilită. Ipoteza nulă la nivelul de semnificație 5% dintre producții a fost semnificativă și infirmată, fiind stabilită relația $t_f > t_{0,05}$ la nivelele de nutriție $N_{30-90}P_{3,5}K_{60}$. În al treilea caz diferențieri nesemnificative au existat în cadrul fluctuațiilor aleatorii ale recoltelor, ipoteza nulă nu a fost infirmată la nivelul de semnificație 5%, conform expresiei $t_f < t_{0,05}$ pentru nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ și $N_0P_{3,5}K_{60}$, la care s-a stabilit un element nutritiv în prim-minim în fazele critice ale grâului de toamnă (tab. A. 8.6).

Administrarea îngrășămintelor cu azot în anul 2018 a influențat pozitiv calitatea recoltei. Calitatea grâului de toamnă în anul agricol 2017–2018 după conținutul de gluten umed a fost ridicată atât la mator – 21,7%, cât și la fertilizarea minerală cu valori cuprinse între 26,9 și 31,2%. Indicii de deformare a glutenului au constituit la mator 90 de unități, iar la fertilizare – 67-102 unități. După conținutul de gluten la majoritatea nivelelor de nutriție calitatea boabelor a fost de

grupa a II-a și a III-a. Masa a 1.000 de boabe la martor a constituit 28,7 g și s-a majorat cu 1,4-5,5 grame la nutriția minerală [41, p. 62-66].

În tabelul 5.2 sunt prezentate datele medii pentru anii 2014–2018 ale indicilor de calitate a boabelor de grâu, care cuprind întreaga schemă a experienței. Conținutul mediu de gluten umed la varianta martor a constituit 20,2%, cu indicele de deformare a glutenului (IDG) de 84 de unități și grupa de calitate a II-a. O creștere majoră a conținutului de gluten umed s-a stabilit la aplicarea îngrășămintelor minerale. Fertilizarea grâului de toamnă numai cu îngrășămintele de fosfor și potasiu ($N_0P_{3,5}K_{60}$) a stabilit că conținutul de gluten umed a fost de 21,2%, cu indicele de deformare a glutenului de 87 de unități. La nivelul de nutriție cu aplicarea îngrășămintelor cu azot ($N_{180}P_{3,5}K_{60}$), conținutul de gluten s-a majorat până la 29,4% cu IDG 97 de unități. Administrarea a N_{120} pe diferite nivele de fosfor mobil $P_{1,0-4,5}$ și K_{60} a condus la obținerea conținutului de gluten cuprins între 26,3 și 28,8%, ceea ce a constituit cu 6,1-8,6% mai mult decât la varianta martor.

La nivelele ridicate de fosfor mobil 4,0-4,5 mg P_2O_5 /100 g de sol s-a stabilit un conținut identic prin majorarea cu 12 unități a IDG-ului. Pe nivelul fertilizat la care s-a administrat doar doza de 30 kg N/ha, conținutul de gluten s-a majorat cu 5,9%, IDG-ul a crescut cu 6 unități. Într-un mod diferit a afectat calitatea glutenului aplicarea îngrășămintelor minerale în diferite doze cu NPK și PK prin majorarea indicelui de deformare a glutenului la 87-97 de unități cu grupa a II-a, fiind slab satisfăcătoare. Astfel, fondul natural nu a contribuit semnificativ la îmbunătățirea calității boabelor grâului de toamnă. Aplicarea îngrășămintelor minerale a majorat conținutul de gluten umed cu diminuarea calității.

Conform tabelului 5.2, în anii de cercetare 2014–2018 în medie la martor randamentul de gluten a constituit 0,49 t/ha de gluten. Fertilizarea cernoziomului carbonatic în doza de 120 kg N/ha pe fondurile de fosfor mobil 1,0-1,5-2,0-2,5-3,0-3,5-4,0-4,5 mg/100 g de sol în doză unică K_{60} a majorat randamentul de gluten de la 0,82 t/ha la varianta $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ până la 1,25 t/ha la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, cu sporuri de 66-133%. Nivelele scăzute de fosfor mobil 1,0-2,0 mg P_2O_5 /100 g de sol au sporit nesemnificativ randamentul de gluten. Dozele de azot 30-60-90 kg/ha pe nivelul 3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol au diminuat acumularea glutenului în boabe, care a alcătuit 0,88-0,97 t/ha de gluten. Nivelul de nutriție cu cea mai mare eficiență în privința acumulării glutenului umed în boabe s-a dovedit a fi $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ pe fond moderat de fosfor mobil, care a permis menținerea și obținerea conținutului de gluten umed ridicat în toți anii cercetați.

Masa a 1.000 de boabe (MMB) face parte din structura recoltei și a calității. La varianta nefertilizată MMB-ul a constituit 31,6 g și între 33,0 și 37,3 g la nutriția minerală. Masa a 1.000 de boabe la variantele $N_{120}P_{1,5-2,0-2,5}K_{60}$ s-a menținut în intervalele 33,5-33,8 g, iar la $N_{120}P_{3,0-3,5}K_{60}$ MMB a constituit 34,7 g sau cu 3,1 g mai mult față de varianta martor. Creșterea nivelelor de

nutriție cu fosfor mobil 4,0-4,5 mg P₂O₅/100 g de sol cu doza N₁₂₀K₆₀ a majorat masa a 1.000 de boabe până la 35,7 grame. S-a observat că mărimea nivelului de fosfor mobil în sol a influențat greutatea boabelor prin majorarea consumului de azot, care a contribuit la intensificarea procesului de sinergism (tab. 5.2).

Tabelul 5.2. Indicii de calitate ai grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Gluten umed	IDG	Grupa de calitate	Randament de gluten		Masa a 1.000 de boabe	Masa hectolitrică
	%	un.		t/ha	%	g	g/l
Martor	20,2	84	II	0,49	-	31,6	712,3
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	27,3	87	II	0,82	66	33,0	707,1
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	28,4	88	II	0,99	101	33,5	715,4
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	27,9	95	II	1,03	109	33,8	727,0
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	27,3	89	II	1,06	114	33,5	714,3
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	27,6	94	II	1,13	128	34,7	721,9
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	26,9	97	II	1,13	128	34,7	717,8
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	26,3	96	II	1,04	111	35,6	728,2
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	26,7	96	II	1,05	113	35,7	725,4
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	21,2	87	II	0,62	26	35,3	713,7
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	26,1	90	II	0,88	77	34,4	717,3
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	25,2	96	II	0,91	84	35,6	713,5
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	26,9	90	II	0,97	95	37,3	732,7
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	28,8	92	II	1,15	133	35,2	716,3
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	29,4	97	II	1,25	153	34,9	717,4
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	27,6	92	II	1,05	113	34,8	711,4

Pe parcursul a patru ani agricoli masa hectolitrică (MH) a boabelor de grâu a alcătuit în medie 712,3 g la 1 litru. Conform rezultatelor obținute la două nivele de nutriție s-au observat devieri negative de -0,9 g/l la varianta N₁₈₀P_{3,5}K₁₂₀ și -5,2 g/l la N₁₂₀P_{1,0}K₆₀. Aceasta se explică prin faptul că în primul caz persistă excesul de azot și de potasiu, iar în al doilea caz – surplusul de azot cu conținut scăzut de fosfor mobil în sol, care au contribuit la creșterea luxuriantă a aparatului foliar în detrimentul greutății boabelor în spic. Valori ridicate ale masei hectolitrice s-au constatat pe fonduri ridicate de NPK. Masa hectolitrică a crescut cu 13,1-15,9 g/l la variantele N₁₂₀P_{4,0-4,5}K₆₀. Îngrășămintele minerale au majorat MH a boabelor cel mai mult în anul 2018 și cel mai puțin în anul 2015, fiind influențată de condițiile climaterice (tab. 5.2).

Rezultatele obținute au stabilit că sinteza proteinei brute la grâul de toamnă a decurs neuniform, atât la variantele fertilizate, cât și individual în anii agricoli studiați (tab. A 8.7).

În anul agricol 2014–2015 conținutul de proteină brută în boabe a constituit 9,6%, de proteină netă – 8,9%. Producția de proteină brută a fost de 105 kilograme la 1 hectar. Dozele de

fertilizare anuală N_{120} pe fonduri de nutriție $P_{1,5-2,5-3,5}K_{60}$ au înregistrat sporuri mai mari cu 0,6-1,2% la conținutul de proteină brută, iar proteina netă a crescut cu 0,6-2,0%, producția de proteină brută s-a majorat cu 68-110 kg/ha. Nefertilizarea cu îngrășământ cu azot sau fertilizarea în doză N_{60} kg/ha pe nivelul de nutriție $P_{3,5}K_{60}$ a influențat nesemnificativ sinteza proteinei nete și producția de proteină brută. La varianta cu fertilizare $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ conținutul de proteină brută s-a majorat cu 2,8%, de proteină netă cu 2,7% și cu 174 kg/ha – producția de proteină brută acumulată în recoltă. Adaosul de la 1 kg de azot aplicat ca îngrășământ a constituit 2,7 kg de proteină.

Conținutul de proteină brută și de proteină netă în anul agricol 2015–2016 a alcătuit 9,6% și 8,9%, respectiv, cu o producție de proteină brută de 105 kg/ha în boabe. S-a evidențiat nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ cu conținut de proteină brută scăzut – 0,2%, proteina netă – 0,3% față de martor, în schimb producția proteinei brute s-a majorat cu 104 kg/ha datorită recoltei mai înalte. Conținutul de proteină netă a fost scăzut datorită consumului ridicat de azot în faza de înflorire. La nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ s-a obținut cel mai ridicat conținut de proteină brută și proteină netă, care a crescut, corespunzător, cu 1,2% și 1%, iar producția proteinei brute cu 216 kg la 1 hectar. Fiecare kilogram de azot a determinat un aport de proteine de 1,4-1,8 kg, iar în boabe a constituit 10,8-13,9 kg la fertilizarea pe nivelele de nutriție $N_{60-120}P_{3,5}K_{60}$.

În anul agricol 2016–2017 la martor a fost obținut un conținut de proteină brută de 10,4%, dintre care doar proteină netă 9,7%, cu o producție medie de 335 kg/ha, nefertilizarea cu azot nu a modificat conținutul și producția a fost foarte scăzută. La varianta $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ s-au diminuat indicii biochimici sub 0,7% față de martor. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ cu conținut înalt de azot a majorat conținutul de proteină brută cu 2,3%, proteina netă – 2,1% și producția cu 331 kg/ha sau de două ori mai mult. Adaosul la 1 kg de azot aplicat a constituit 16,8 kg.

Conținutul de proteină brută în anul agricol 2017–2018 a fost la varianta nefertilizată 10,1%, proteină netă – 9,4% și 275 kg/ha de proteină brută și s-a menținut aproape egal pe toate nivelele de nutriție (tab. A 8.7).

Pe varianta $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ s-au obținut creșteri semnificative ale conținutului de proteină brută cu 1,2% și proteină netă cu 1,1% față de martor, iar la $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ – cu 1,4% și 1,3% corespunzător. Producția de proteină s-a majorat cu 189-191 kg/ha.

Efectul a 1 kg de azot s-a evidențiat la nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ cu adaos de 21,8 kg boabe și 1,7 kg de proteine. Datele cercetărilor proprii în decursul a patru ani agricoli au atestat un conținut mediu de proteină brută de 10,0%, proteină netă – 9,3% cu o producție de proteină brută de 245 kg/ha la varianta cu fond natural. Fertilizarea minerală cu PK nu a contribuit la majorarea indicilor biochimici și nici a producției de proteină brută. Nivelul scăzut de fosfor mobil nu a majorat conținutul de proteină brută și proteină netă. Doza maximă de azot de 180 kg/ha pe nivelul

de nutriție $P_{3,5}K_{60}$ a avut cele mai ridicate valori, creșterile au alcătuit la proteina brută 1,4% și la proteina netă – 1,3%, cu 242 kg/ha producție de proteină brută. La nivelul de fertilizare $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-au obținut în medie pe patru ani agricoli indici calitativi înalți, datorită cantității totale de NPK: proteină brută – 11,2% și producție de proteină netă – 189 kg/ha (tab. A 8.7).

În ce privește influența îngrășămintelor minerale asupra indicilor calitativi medii în anii agricoli 2014–2018, s-au evidențiat nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ prin conținutul de proteină brută de 11,3% și netă de 10,5%. La fel, producția de proteină a constituit 434-452 kg/ha, cu adaos la 1 kg de azot de 1,8 kg, comparativ cu martorul (tab. 5.3).

Tabelul 5.3. Indicii calitativi medii ai boabelor grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Indicele biochimic		Producția de proteină brută	Adaosul la 1 kg de azot	
	Conținutul de proteină brută	Conținutul de proteină netă		boabe	proteine
	%			kg	
Martor	10,0	9,3	245	-	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	10,1	9,4	352	8,8	1,4
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	11,2	10,4	434	11,8	1,8
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	10,1	9,4	297	-	-
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	10,6	9,8	383	19,7	1,6
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	11,3	10,5	452	13,0	1,8
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	11,4	10,6	487	10,1	2,0

Fertilizarea grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018 s-a efectuat cu dozele de azot 120-60-180 kg/ha, în doză unică de potasiu 60 kg/ha pe fondul de fosfor mobil 1,5-2,5-3,5 mg/100 g sol. Sporurile de recoltă s-au majorat în funcție de cantitatea totală de îngrășămintă aplicate la 1 hectar. Dozele 55-45 kg P_2O_5 /ha cu fondul de fosfor 1,5 mg P_2O_5 /100 g de sol la $N_{120}K_{60}$ au generat sporuri cuprinse între 241,6 și 2.222,2 kg/ha în anii agricoli 2017–2018 și 2016–2017, per total NPK fiind aplicat 235 și 225 kg/ha substanță activă (tab. A 8.8).

Nivelul 2,5 mg P_2O_5 /100 g de sol (după metoda Macighin) la aplicarea a 135 și 75 kg P_2O_5 /100 g sol în aceeași doză de NK a sporit recolta cu 746-2.555,2 kg/ha boabe, în total s-au administrat 315, respectiv 255 kg NPK s.a/ha în anii agricoli 2014–2015 și 2016–2017. La nivelele de fosfor 1,5-2,5 mg P_2O_5 /100 g de sol, conform rezultatelor obținute, recuperarea din îngrășămintele minerale a 1 kg azot a variat între 0,5 și 5,3 kg boabe, 1 kg de P_2O_5 s-a recuperat cu 0,2-2,0 kg boabe, iar 1 kg de K_2O cu 0,3-2,6 kg boabe.

Cel mai înalt efect agronomic s-a obținut la aplicarea îngrășămintelor cu azot, urmate de cele cu potasiu, care au avut un efect mult mai slab decât al celor cu fosfor datorită conținutului de potasiu schimbabil ridicat în straturile superioare.

S-a observat că la nivelele de nutriție $N_{0-60}P_{3,5}K_{60}$ recuperarea a 1 kg de P_2O_5 cu boabe a fost de 1,4-4,0 ori mai înaltă față de cea de la 1 kg de N, datorită dozelor mai înalte de îngrășăminte cu fosfor, administrate în scopul majorării nivelului de fosfor mobil în sol până la 3,5 mg $P_2O_5/100$ g sol (tab. A 8.8).

Fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășământ de tip binar (NP) și K a avut un spor de recoltă de 166-752 kg/ha în anii agricoli 2015–2016 și 2017–2018, aplicându-se în total 374 și 347 kg NPK substanță activă (s.a.) la 1 hectar. Fiecare kg de N a fost recuperat cu 0,1-0,3 kg boabe, de fosfor – 0,3-1,5 kg boabe și potasiu – 0,1-0,4 kg boabe.

Majorarea dozei de azot cu 60 kg/ha pe nivelul de nutriție $P_{3,5}K_{60}$ a sporit recolta cu 652,5-1.739 kg/ha, unde s-au administrat în total NPK câte 345 și 205 kg s.a./ha în anii agricoli 2015–2016 și 2016–2017. Efectul direct de recuperare a 1 kg de azot a constituit 0,3-2,5 kg boabe, a 1 kg de fosfor – 1,2-3,5 kg boabe și a 1 kg de potasiu – 0,3-2,5 kg boabe.

Dozele ridicate de azot $N_{120-180}$ kg/ha pe nivelul de fosfor mobil $P_{3,5}K_{60}$ au înregistrat sporuri de recolte la doza de 120 kg N/ha de 1.153,3-2.016,4 kg/ha boabe în urma fertilizării NPK în doze totale de 390 și 240 kg/ha în anii agricoli 2014–2015 și 2016–2017, corespunzător, la 180 kg N/ha sporul de recoltă a variat între 1.158,5 și 2.371,4 kg/ha în aceiași ani. S-a stabilit că 1 kg de N la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a fost recuperat cu 0,9-4,2 kg boabe, la 1 kg de P_2O_5 recuperarea a constituit 1,6-2,1 kg boabe și 1 kg de K_2O a fost recuperat cu 0,5-2,1 kg boabe. Doza maximă N_{180} pentru fiecare kg de azot s-a recuperat cu 1,2-3,9 kg boabe, de fosfor – 1,2-2,0 kg boabe și de potasiu – 0,4-1,3 kg boabe (tab. 5.4).

Tabelul 5.4. Influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Doza			Total, NPK	Recolta	Sporul de recoltă	Recuperarea din îngrășăminte cu boabe			
N	P	K				N	P	K	Total
kg/ha			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/kg			
Martor ($N_0P_0K_0$)			-	2446,5	-	-	-	-	-
120	38	60	218	3503,1	1056,6	2,7	0,8	1,3	4,8
120	87	60	267	3866,9	1420,4	2,4	1,7	1,2	5,3
44,4	193	60	297,2	2930,7	484,2	0,2	1,1	0,3	1,6
60	178	60	298	3622,9	1176,5	0,8	2,4	0,8	4,0
120	187	60	367	4006,9	1560,4	1,4	2,2	0,7	4,3
180	188	60	428	4254,1	1807,6	1,8	1,9	0,6	4,2

Rezultatele medii în anii agricoli 2014–2018 au arătat că nivelul de nutriție optim, care a determinat eficientizarea consumului de îngrășăminte minerale prin recuperarea a 1 kg NPK la 1

kg boabe, a fost la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, de 5,3 kg boabe și s-a dovedit a fi peste nivelele de nutriție înalt fertilizate.

Calculul recoltei teoretice față de cea agronomică sub acțiunea indicilor calitativi a stabilit un nivel de recoltă la martor mai ridicat cu 0,06 t/ha. Pe nivelele de nutriție $N_{90-120-180}P_{3,5}K_{60}$ recoltele teoretice au fost mai mari cu 0,04-0,09 t/ha. Analiza interdependenței gradului de asociere a indicilor calitativi cu recolta grâului de toamnă a stabilit relații funcționale la determinarea coeficienților de corelație care au permis recunoașterea asocierilor.

A fost studiată influența a patru indici calitativi: X_1 – conținutul de gluten umed (%), X_2 – randamentul de gluten umed (t/ha), X_3 – masa a 1.000 de boabe (g), X_4 – masa hectolitrică (g/l) cu recolta grâului de toamnă (Y , t/ha) prin metoda corelației multiple. În tabelul coeficienților de corelație obținuți s-a observat existența unor legături medii și strânse semnificative între indicii calitativi și recoltă cu stabilirea relațiilor pozitive. Interdependența indicilor calitativi a constatat în relații pozitive puternice dintre conținutul de gluten umed și randamentul lui ($r^2 = 0,90$), relații pozitive cu legături medii ridicate dintre randamentul de gluten și masa a 1.000 de boabe ($r^2 = 0,42$), randamentul de gluten și masa hectolitrică ($r^2 = 0,35$), masa a 1.000 de boabe și masa hectolitrică ($r^2 = 0,60$) și relații pozitive slabe dintre randamentul de gluten și masa a 1.000 de boabe ($r^2 = 0,26$), conținutul de gluten umed și masa hectolitrică ($r^2 = 0,22$).

Regresia liniară multiplă dintre variabilele X_1 - X_4 cu recolta prin calculul coeficientului de determinație a indicat o variație directă puternică de 99% a indicilor calitativi asupra producției grâului de toamnă. Analiza dispersiei multifactoriale conform criteriului Fisher (F) denotă faptul că ipoteza nulă a fost respinsă și că au existat nivele de nutriție cu recolte care s-au diferențiat semnificativ față de martor. Criteriul Pearson (P) a demonstrat că doar randamentul de gluten a influențat semnificativ recolta, fiind model relevant la nivelul de probabilitate 95%. În cazul conținutului de gluten umed s-a constatat o relație inversă, contraproductivă recoltei grâului de toamnă, prin majorarea producției de boabe.

Regresia liniară dintre indicii calitativi X_1 - X_3 cu Y a indicat o influență puternică de 99% asupra recoltei. Indicii calitativi precum conținutul de gluten umed, randamentul de gluten și masa a 1.000 de boabe au avut un impact semnificativ asupra variației recoltelor față de martor cu diferențieri prin confirmarea testului Fisher. Din valoarea P rezultă că randamentul de gluten umed a fost influențat semnificativ de recoltă și de conținutul de gluten umed.

Regresia liniară multiplă dintre X_1 - X_2 cu recolta, la fel, a exprimat o influență semnificativă de 99% asupra recoltei. Metoda analizei varianței multifactoriale a stabilit o influență ridicată semnificativă cu diferențe între nivele față de martor prin criteriul Fisher. Coeficienții valabili au rămas la randamentul de gluten umed după valoarea P pentru nivelul de probabilitate de 95%.

Conținutul de gluten a fost influențat de mărimea recoltelor. Interacțiunea conținutului de gluten cu recolta în baza regresiei liniare multiple a înregistrat un coeficient de determinație de 57% asupra recoltei. Testul F, la fel, a exprimat diferențe semnificative între nivelele de nutriție comparate față de martor prin respingerea ipotezei nule. Conținutul de gluten umed a fost influențat semnificativ de nivelele fertilizate în direcție inversă în funcție de nivelurile recoltelor de boabe obținute.

Scopul regresiei liniare multiple a constatat în evidențierea relației dintre recolta principală și indicii calitativi. Ecuațiile liniare de regresie multiple au fost calculate din datele experimentale obținute la grâul de toamnă cu doze diferite de îngrășăminte minerale pe cernoziomul carbonatic, care vor contribui la prognozarea recoltei prin determinarea în prealabil a calității boabelor.

$$Y_X = 2,308 - 0,101X_1 + 3,566X_2 + 0,022X_3 - 0,0003X_4; \quad (r = 0,997); \quad (5.1)$$

$$Y_X = 2,107 - 0,101X_1 + 3,562X_2 + 0,022X_3; \quad (r = 0,997); \quad (5.2)$$

$$Y_X = 2,907 - 0,109X_1 + 3,710X_2; \quad (r = 0,996); \quad (5.3)$$

$$Y_X = -0,461 + 0,155X_1; \quad (r = 0,775) \quad (5.4)$$

Conform analizei indicilor calitativi medii, variația recoltei a oscilat la nivelele fertilizate de la 3,83 t/ha până la 4,15 t/ha cu următorii indici: conținutul de gluten umed: 26,9-27,3%, randamentul de gluten umed: 1,06-1,13 t/ha, masa a 1.000 de boabe: 33,5-34,7 t/ha și 714-718 g/l masă hectolitrică. Nutriția minerală a fost eficientă la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,5}K_{60}$. Doza de azot N_{120} kg/ha a majorat și a menținut recoltele la nivelele de fosfor 2,5-3,5 $mgP_2O_5/100$ g de sol la doza unică K_{60} kg/ha față de martor. Indicii calitativi au constituit la martor: $X_1 = 20,2\%$, $X_2 = 0,49$ t/ha, $X_3 = 31,6g$, $X_4 = 712$ g/l pentru recolta prognozată de 2,51 t/ha boabe. Corelațiile dintre variabilele indicilor calitativi cu recoltele au fost puternice, conținutul de gluten umed a acționat mediu asupra nivelului de recoltă (tab. A 8.9).

5.2. Concluzii la capitolul 5

1. Administrarea îngrășămintelor minerale a sporit recolta grâului de toamnă de la 23% la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ până la 74% la $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ față de martor, care a constituit 2,45 t/ha boabe.

2. Calitatea grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018 a fost influențată semnificativ de aplicarea îngrășămintelor minerale. Conținutul de gluten umed la aplicarea îngrășămintelor a fost de 25,2-29,4%, cu un spor de 5,2-9,4% față de martor, al cărui conținut a constituit 20,2%, cu grupa a II-a de calitate. Randamentul maxim de gluten umed acumulat a oscilat de la 0,82 t/ha până la 1,15 t/ha în comparație cu varianta martor – 0,49 t/ha. Masa a 1.000 de boabe s-a majorat la doza de 120 kg N/ha pe nivelele de fosfor mobil 2,0-4,5 mg/100 g de sol cu 1,9-5,7 g. Acțiunea îngrășămintelor minerale asupra masei hectolitrică a fost nesemnificativă.

3. Fertilizarea minerală a contribuit la sintetizarea și acumularea proteinei brute în producția principală. Cantitatea medie de producție de proteină brută la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ a fost mai ridicată cu 107 kg/ha, iar la nivelul $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ – cu 189 kg/ha. În medie, producția de proteină brută acumulată a fost optimă la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și a depășit varianta nefertilizată de 245 kg/ha cu 207 kg/ha.

4. Sistematizarea datelor analitice privind corelația indicilor calitativi: X_1 – conținutul de gluten umed (%), X_2 – randamentul de gluten umed (t/ha), X_3 – masa a 1.000 de boabe (g), X_4 – masa hectolitrică (g/l) cu recolta grâului de toamnă (Y , t/ha) a stabilit legături medii și strânse semnificative cu relații pozitive.

5. În urma cercetărilor din anii agricoli 2014–2018 s-a stabilit că nivelul optim de nutriție care a condus la eficientizarea consumului de îngrășămintă minerale prin recuperarea a 1 kg NPK la 1 kg boabe a fost $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, care s-a recuperat cu 5,3 kg boabe.

6. EFICACITATEA ECONOMICĂ ȘI ENERGETICĂ A ADMINISTRĂRII ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE

6.1. Eficacitatea economică

Agricultura Republicii Moldova este considerată ramura cu cele mai multe domenii conexe, inclusiv domeniul economic. În ultimii ani schimbarea climei, cu creșterea frecvenței fenomenelor climatice extreme, influențează direct producția agricolă cu micșorarea recoltei. Seceta și alți factori influențează negativ fluctuațiile prețurilor și asolamentul. Crizele economice frecvente acționează prin majorarea prețurilor la inputuri, în special de îngrășăminte. Pentru atenuarea efectelor secetei asupra culturilor cerealiere o măsură ar fi optimizarea nutriției minerale la grâul de toamnă în vederea creșterii nivelului de recoltă prin asigurarea unui venit care ar putea menține competitivii producătorii de cereale atât pe piața locală, cât și regională [22, p. 40-46].

La evaluarea eficacității economice a îngrășămintelor se impune cunoașterea următorilor indici:

- sporul de recoltă (R_s), kg/ha;
- venitul net obținut la fertilizarea unui hectar sau a unei suprafețe de teren agricol conform planului de fertilizare (V_n), lei/ha;
- recuperarea cheltuielilor din costul producției agricole suplimentare (Rec), lei/ha;
- rentabilitatea îngrășămintelor (P), % [67, p. 51-58].

Datele generalizate [152, p. 32] privind eficacitatea aplicării îngrășămintelor minerale pe sol cenușiu de pădure, cernoziom carbonatic și levigat, cu și fără fertilizare în diferite doze, au demonstrat că cheltuielile pentru fiecare tip de sol se răscumpără diferit, dozele mici au cea mai înaltă rentabilitate – de 90-160%. Dozele înalte majorează cheltuielile. Eficacitatea economică cea mai înaltă s-a dovedit a fi la proporția 1:0,5:0,5 pe tipurile de sol din Bulgaria. La determinarea eficacității economice [56], s-au luat în calcul și costurile normate la efectuarea operațiunilor tehnologice mecanizate pentru fiecare an agricol la cultura grâului de toamnă.

Eficacitatea economică la grâul de toamnă la fertilizarea cu îngrășăminte minerale în anii agricoli 2014–2018 a fost influențată direct de nivelul recoltelor obținute, care au variat în funcție de condițiile de umiditate a solului și de temperatura aerului.

În anul agricol 2014–2015 administrarea la grâul de toamnă a 120 kg de azot pe nivelele de fosfor mobil 1,5–3,5 mg/100 g de sol corespunde dozelor de îngrășăminte cu fosfor de 23–135–210 kg/ha, costurile sporului de recoltă au variat de la 1.812 lei/ha până la 3.460 lei/ha, iar cheltuielile ce țin de utilizarea îngrășămintelor au depășit cu 218 lei/ha și 440 lei/ha venitul net.

Doza maximă de azot N_{180} kg/ha cu P_{176} kg/ha pe fond unic K_{60} a avut cel mai ridicat cost, de circa 3.476 lei/ha, și cel mai înalt nivel de cheltuieli, cu 685 lei/ha supracost. Cheltuielile totale la utilizarea îngrășămintelor minerale au depășit de 1,12-2,20 ori venitul, iar rentabilitatea a fost scăzută, de 11-29%. Nerentabilitatea a fost determinată de dozele înalte de fosfor și de seceta extremă.

Fertilizarea în doza de azot 60 kg/ha și PK cu $P_{160}K_{60}$ kg/ha a asigurat un cost al producției de 3.023 lei/ha și un venit net de 223 lei/ha, cu o rentabilitate de circa 8%. Doza moderată de azot a fost unica care a permis în condiții de secetă să fie asigurată rentabilitatea din contul îngrășămintelor minerale (fig. A 9.1).

Cheltuielile cele mai mari din cei patru ani studiați au fost înregistrate în anul agricol 2015–2016 din cauza dozelor înalte de fosfor la 1 ha substanță activă și a prețului de achiziție scăzut al grâului de toamnă. Costul sporului de recoltă a crescut de la 365 de lei la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ până la 4.276 de lei la $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, iar decalajul cheltuielilor a fost de la 171 lei/ha până la 3.323 lei/ha. Dozele înalte de azot și fosfor nu au generat rentabilitate. În cazul variantelor $N_{120}P_{30}K_{60}$ și $N_{120}P_{128}K_{60}$ recuperarea cheltuielilor a fost de 0,98, respectiv 1,21 lei/kg boabe (fig. A 9.2).

Anul agricol 2016–2017 a fost cel mai eficient sub aspect economic datorită condițiilor agroclimatice, care au asigurat rezerve de apă productivă ridicate în stratul de sol de 1 m și dozelor relativ scăzute de fosfor de 45-98 kg s.a. la 1 hectar. Doza unică aplicată de azot N_{120} pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol, ce corespund dozelor de fosfor 45-75 kg/ha și K_{60} , a avut cea mai înaltă rentabilitate: 157-161%. Fiecare kilogram de boabe s-a recuperat din contul aplicării îngrășămintelor cu 2,57-2,61 lei. Administrarea dozelor N_{60-120} pe fond de fosfor mobil $P_{3,5}$ mg/100 g de sol în doze de fosfor de 85 kg/ha și 60 kg/ha a asigurat o rentabilitate identică, de 121%, o diferență nesemnificativă a fost doar în recuperarea cheltuielilor de 2,21 și 2,18 lei/kg boabe (fig. A 9.3).

Producția grâului de toamnă fertilizat cu îngrășămintă minerale în anul agricol 2017–2018 nu a generat venituri la variantele $N_{120}P_{55-120-233}K_{60}$ din cauza majorării prețurilor la carburanți și îngrășămintele cu fosfor și azot, îndeosebi a influențat prețul de cumpărare foarte mic, de 2,80 lei/kg boabe grâu de toamnă, comercializat direct din câmp și transportat la punctul de achiziție.

Deficitul acut de precipitații în perioada de vegetație activă a grâului de toamnă și fertilizarea cu doze ridicate de fosfor n-au generat venituri, ci doar pierderi. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ a fost cel mai neprofitabil, recuperarea cheltuielilor a fost mică și a constituit 0,29 lei/kg boabe.

La nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ îngrășămintele minerale s-au recuperat cu 0,94 lei și 0,61 lei/kg boabe. Cheltuielile au depășit în medie de 1,07-3,47 ori costul sporului de recoltă, fiind cele mai înalte din întreaga perioadă la nivelele studiate (fig. A 9.4).

Rezultatele experimentale obținute la cultivarea grâului de toamnă în zona de sud a Republicii Moldova la fertilizarea cu îngrășăminte minerale în anii agricoli 2014–2018 s-au caracterizat prin rentabilitate ridicată la dozele scăzute de fosfor, care au acoperit cheltuielile de producție. Venituri garantate au fost la toate variantele fertilizate cu NPK.

Nerentabilitate s-a stabilit la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$. Doza N_{120} în cantități de fosfor 38-87 kg/ha s.a. a avut o rentabilitate de 32% și 45%. Recuperarea cheltuielilor din contul îngrășămintelor minerale a fost de 1,32-1,45 lei/kg boabe (fig. 6.1).

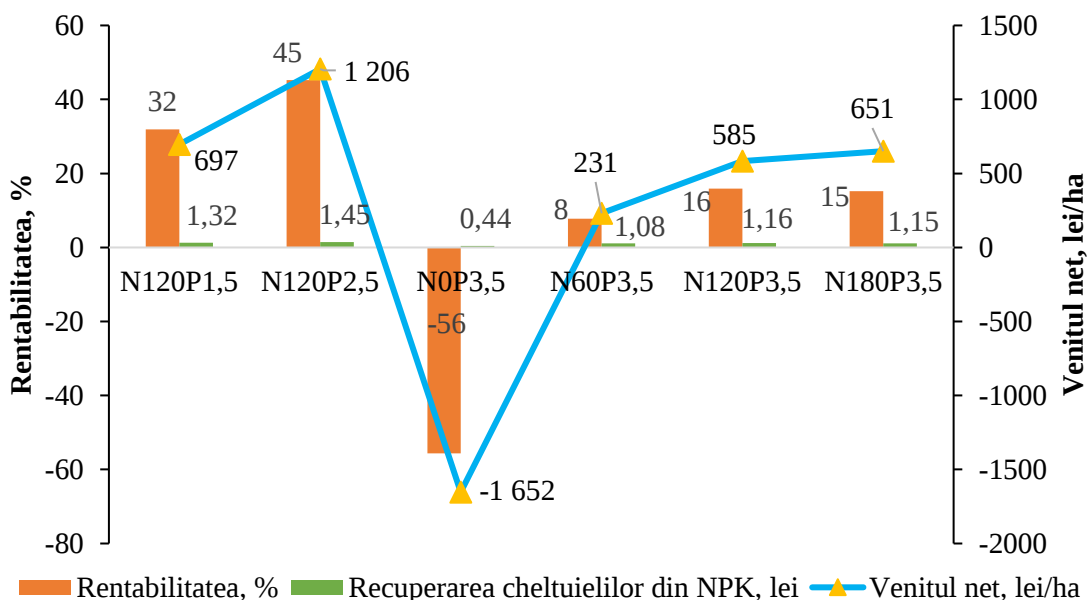


Figura 6.1. Eficacitatea economică a fertilizării minerale a grâului de toamnă pe fond K_{60} la variantele: $N_{120}P_{1,5} (38)K_{60}$, $N_{120}P_{2,5} (87)K_{60}$, $N_0 (44)P_{3,5} (193) K_{60}$, $N_{60}P_{3,5} (178) K_{60}$, $N_{120}P_{3,5} (187) K_{60}$, $N_{180}P_{3,5} (188) K_{60}$ pe cernoziomul carbonatic din zona de sud a Republicii Moldova în anii agricoli 2014–2018

Eficacitatea economică a fost stabilită anual cu diferențieri majore din cauza nivelurilor de producții instabile. Venitul net a depășit de 1,32-1,45 ori cheltuielile ce țin de fertilizarea minerală. Dozele ridicate de fosfor $P_{178-188}$, care au corespuns nivelului de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol cu aplicarea a 60-120-180 kg N/ha, au contribuit la obținerea unei rentabilități reduse, în jur de 8-16%. Cheltuielile s-au recuperat cu circa 1,08-1,15 lei/kg boabe.

Pentru menținerea productivității înalte la grâul de toamnă se impune administrarea dozelor de îngrășăminte minerale cu azot până la 120 kg/ha, fosfor – 90-120 kg/ha pe cernoziom carbonatic. În urma efectuării cartării agrochimice a solului, la determinarea conținutului de fosfor

mobilitate s-a demonstrat că nivelul 2,5 mg P_2O_5 /100 g de sol poate fi considerat relativ optim. Doza unică de potasiu K_{60} a rămas rentabilă la aplicarea a N_{60-120} kg/ha și fosfor P_{45-120} kg/ha, recomandată pentru conținutul de fosfor mobil în sol de 2,5 mg/100 g de sol.

Generalizarea datelor medii pe parcursul a patru ani agricoli la toate variantele fertilizate cu îngrășăminte minerale a stabilit că aplicarea a 120 kg N/ha cu doze de fosfor 38 kg/ha și 87 kg/ha s-a dovedit cea mai rentabilă. Începând cu nivelul de recoltă de 2.447 kg/ha se poate obține o rentabilitate înaltă, de 32-45%. Influența îngrășămintelor a permis obținerea nivelurilor de recoltă de la 1.088 kg până la 5.776 kg boabe. Frecvența strânsă a secetelor a diminuat productivitatea la grâul de toamnă după metoda clasică de creștere.

Recuperarea cheltuielilor de peste 1,01 lei a fost posibilă la toate variantele fertilizate cu NPK. Cel mai înalt efect economic a fost obținut la nivelele de fosfor mobil $P_{1,5-2,5}$ mg/100 g sol. De aici rezultă că dozele moderate de fosfor de 40-90 kg/ha au fost cele mai rentabile la cultivarea grâului de toamnă în condițiile secetoase din zona de sud a țării (tab. A 9.1).

Pentru racordarea prețurilor actuale la zi s-a determinat eficacitatea economică a variantelor experimentate. Prețurile medii în experiență au constituit pentru 1.000 kg la: azotat de amoniu – 10.466,67 lei, amofos (12:52) – 16.000,0 lei, clorură de potasiu – 15.500,0 lei pentru anul 2024 [1; 45]. Prețul mediu de achiziție la grâul alimentară în perioada 2014–2018 a fost de 2,73 lei/kg, iar în anul 2024 a constituit 3,43 lei/kg boabe în republică [79].

În baza recoltei medii obținute în anii experimentali 2014–2018 a fost calculată eficacitatea îngrășămintelor minerale la variantele analizate.

În anul 2024 majorarea prețului de achiziție a grâului de toamnă a influențat parțial venitul net față de perioada 2014–2018. Însă cheltuielile de fertilizare pentru aceleași sporuri de recoltă au crescut în medie de la 363 lei la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ până la 713 lei la $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, ceea ce se datorează creșterii prețurilor la îngrășăminte și combustibil. Aplicarea dozelor moderate de îngrășăminte minerale până la 120 kg N/ha, P_2O_5 – 40-90 kg/ha și până la 60 kg K_2O /ha rămâne în continuare cu cea mai ridicată rentabilitate de 42-57% (tab. 6.1). Inputurile mai mari de fertilizanți fără o tehnologie înaltă orientată în principal spre respectarea asolamentului și conservarea umidității solului cresc riscul financiar prin diminuarea producțiilor în cazul tendinței schimbărilor climatice pentru zona de stepă. Recuperarea cheltuielilor la fertilizarea minerală în anul agricol 2023–2024, comparativ cu perioada 2014–2018, la nivelele de nutriție $N_{120}P_{1,5-2,5}K_{60}$ a crescut nesemnificativ, cu 0,10-0,12 lei/kg boabe. Cu toate că trendul la cheltuielile ce țin de inputurile financiare este în ascendență, starea actuală a fertilității cernoziomului carbonatic este dependentă de fertilizanzii chimici, în special cu azot și fosfor.

Astfel, majorarea productivității grâului de toamnă fără aplicarea îngrășămintelor minerale ca procedeu agrochimic nu va putea valorifica pe deplin potențialul genetic al soiurilor și utilizarea rațională a umidității solului. Conform prețurilor actualizate în anul agricol 2023–2024, indicatorii economici au crescut în medie cu 35-70% comparativ cu perioada 2014–2018 (tab. 6.1).

Tabelul 6.1. Eficacitatea economică comparativă a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic

Varianta	Doza			Sporul total de recoltă	Costul sporului de recoltă	Cheltuieli ce țin de utilizarea îngrășămintelor	Venitul net la 1 ha	Rentabilitatea	Recuperarea cheltuielilor la aplicarea îngrășămintelor
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
	kg/ha., s.a.								
Media 2014–2018									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	38	60	1056,6	2879	2183	697	32	1,32
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	87	60	1420,4	3871	2665	1206	45	1,45
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	193	60	484,2	1319	2972	-1652	-56	0,44
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	178	60	1176,5	3206	2975	231	8	1,08
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	187	60	1560,4	4252	3668	584	16	1,16
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	188	60	1807,6	4926	4275	651	15	1,15
Anul 2024									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	38	60	1056,6	3624,2	2546	1078	42	1,42
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	87	60	1420,4	4872,0	3109	1763	57	1,57
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	193	60	484,2	1660,7	3467	-1806	-52	0,48
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	178	60	1176,5	4035,2	3471	564	16	1,16
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	187	60	1560,4	5352,1	4279	1073	25	1,25
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	188	60	1807,6	6200,1	4988	1213	24	1,24

Grâul de toamnă în asolament cerealier rămâne a fi cultura cu cele mai mici cheltuieli atât în Republica Moldova, cât și în Uniunea Europeană, datorită nivelurilor de recolte relativ stabile. Există necesitatea efectuării studiilor economice în țară la nivel de câmp-gospodărie-comună-raion-regiune-republică din lipsa datelor noi în condițiile actuale.

6.2. Eficacitatea energetică

Convertirea unităților energetice de orice tip a fost efectuată atât sub formă de text, cât și tabelar în megajoule pentru a uniformiza și a asigura coerența ideilor expuse [199].

Studiile [107] din anii 1961–1997 pe sol podzolic luto-argilos în asolament cu grâul de toamnă de soiurile 1 – „PPG-186”, 2 – „Mironovskaia-808” au avut ca scop evidențierea cheltuielilor energetice în șase tipuri de asolamente.

Energia acumulată în boabe a variat la varianta cu îngrășăminte minerale + lucrarea solului în anii 1978–1997 de la 32 GJ/ha (sau 32.000 MJ/ha) până la 79,2 GJ/ha (sau 79.200 MJ/ha) la soiul 1 și 29,9-75,4 GJ/ha (ori 29.900-75.400 MJ/ha) la soiul 2, ceea ce este de 10 ori mai mult față de cheltuielile de producție din prezent de 19,3-33,4 GJ/ha (sau 19.300-33.400 MJ/ha), cu o diferență dublă între variante.

Majorarea cheltuielilor energetice se datorează fertilizării cu îngrășăminte minerale: (N₁₂₀₋₁₅₀P₆₀₋₉₀K₁₄₀₋₁₆₀), organo-minerale (gunoi de grajd 10 t/ha + N₃₅₋₁₂₀P₃₀₋₆₀K₃₀₋₁₅₀), cu aplicarea dozelor recomandate de pesticide și lucrarea solului. La obținerea coeficientului înalt al eficacității energetice în asolament la grâul de toamnă sistemul organo-mineral și mineral trebuie să fie combinat cu măsurile fitosanitare pentru majorarea recoltelor prognozate.

Cercetătorii V. Iacovlev și A. Gherasi (2016), au menționat că volumul total al cheltuielilor energetice în Republica Moldova este de 20 mil. kcal (sau 83.736 MJ), ceea ce depășește de 13 ori Canada și Australia și de cinci ori SUA, de trei ori Franța și de două ori Germania [54]. În anii 1965–2000 (timp de 35 de ani), conținutul de humus s-a micșorat cu 1%, eroziunea de suprafață s-a extins la 200 mii ha, cheltuielile energetice au ajuns la $8,27 \cdot 10^{12}$ kcal (sau $3,46 \cdot 10^{14}$ MJ), recolta de cereale s-a diminuat și s-a echilibrat la nivelul 2,3 t/ha boabe. Nu sunt valorificate pe deplin 12 mil. kcal/ha (sau 50.208 MJ/ha), ceea ce determină degradarea solului prin eroziune, dehumificare, decalcinarea cernoziomurilor, poluarea chimică.

Înrăutățirea situației energetice în lume a impus abordarea eficacității în complexul agroindustrial, inclusiv a fertilizanților. Majorarea recoltei a condus la creșterea cheltuielilor energetice la o unitate de producție la tehnologiile intensive. Scopul cercetărilor a fost de a evidenția cele mai eficiente din punct de vedere energetic doze de îngrășăminte. Cheltuielile energetice includ lucrări tehnologice, electrice etc., iar productivitatea culturilor agricole – sub formă de energie acumulată în recoltă, exprimată în megajoule (MJ) (echivalentă cu 10^6 J, Joule). Indicele de bază al eficacității energetice este coeficientul bioenergetic sau de reîntoarcere a energiei, care indică acțiunea directă a dozelor de îngrășăminte și se calculează conform formulei 6.1.

$$K_b = \frac{VESR}{VE\hat{I}}; \quad 6.1, unde:$$

K_b – coeficientul bioenergetic;

VESR – valoarea energiei acumulate în sporul de recoltă, MJ;

VEÎ – energia sumară a cheltuielilor energetice la producerea, încărcarea, descărcarea, depozitarea, pregătirea pentru aplicare, încărcarea și transportarea în câmp a îngrășămintelor, recoltarea și transportarea sporului de recoltă la unitatea de achiziție.

Dacă coeficientul bioenergetic $K_b > 1$, atunci eficiența energetică se consideră înaltă.

Cantitatea de energie în sporul de recoltă se calculează după formula 6.2.

$$VESR = R_s \times C \times 100; \quad 6.2, unde:$$

VESR – valoarea energiei acumulate în sporul de recoltă;

R_s – sporul de recoltă, kg/ha;

C – cantitatea de energie acumulată la 1 kg recoltă, MJ;

100 și 1000 – coeficientul de trecere din q în kg sau din kg în tonă [135, p. 350-359].

Majorarea recoltei conduce la creșterea nemijlocită a cheltuielilor energetice din contul îngrășămintelor minerale. Tehnologiile energoeficiente [67, p. 51-58], au drept scop micșorarea cheltuielilor energetice la o unitate de recoltă. În principiu, se utilizează cel mai des metoda de evaluare energetică, ce include atât cantitatea de energie acumulată în recolta grâului de toamnă, cât și cea consumată la realizarea producției. Inputurile (intrările) de energie acumulată, precum și outputurile (ieșirile) de energie, permit cuantificarea eficienței energetice per cultură. Valorile energetice ale îngrășămintelor minerale constituie: cu azot (NH_4NO_3) – 86,8 MJ/kg s.a., potasiu (KCl) – 8,3 MJ/kg s.a., complexe ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) – 51,5 MJ/kg s.a., iar conținutul total de energie la 1 kg de producție boabe grâu de toamnă – 16,46 megajoule.

Evaluarea bioenergetică a eficacității utilizării îngrășămintelor minerale a fost determinată din necesitatea costurilor ridicate de combustibili și alte resurse energetice folosite la creșterea grâului de toamnă în condițiile actuale [157, p. 73-85]. Cu ajutorul eficacității energetice, care este independentă de eficacitatea economică, condițiile climatice și agronomice, se poate anticipa efectul îngrășămintelor minerale. Eficacitatea energetică la grâul de toamnă a fost stabilită ca optimă pentru doza de NP de 150 kg/ha cu recuperarea cheltuielilor de 1,99 unități de energie la grâul de toamnă la un spor de recoltă de 1.035 kg boabe [65, p. 82-86].

Rezultatele cercetărilor din anii agricoli 2014–2018 la grâul de toamnă au scos în evidență influența fertilizatoare a nivelelor de nutriție cu NP și NPK în condiții climaterice cu secetă extremă și un an agricol foarte umed, care au determinat nivelul producției agricole totale, mai ales al sporului de boabe. Grâul de toamnă a fost fertilizat cu azotat de amoniu la hrănirea în vegetație, amofos și clorură de potasiu prin combinare la lucrarea de bază. Diferența dintre doza de azot recomandată și cea administrată sub plug toamna cu amofos a reprezentat doza la desprimăvărare. În anii agricoli 2014–2018 nivelele de nutriție au fost: $\text{N}_{120}\text{P}_{1,5}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{2,5}\text{K}_{60}$, $\text{N}_0\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{60}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{180}\text{P}_{3,5}\text{K}_{60}$.

Anul agricol 2014–2015 s-a caracterizat prin secetă extremă, respectiv cel mai scăzut spor al recoltei la variantele de îngrășămintă: $\text{N}_{115}\text{P}_{23}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{89}\text{P}_{135}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{43}\text{P}_{185}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{23}\text{P}_{160}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{72}\text{P}_{210}\text{K}_{60}$ și $\text{N}_{139}\text{P}_{176}\text{K}_{60}$. Pentru determinarea puterii calorice totale a fost luată în calcul doar

partea aeriană a plantei (paie, pleavă, boabe). Puterea calorică totală a crescut proporțional dozelor de îngrășăminte, cea mai mică la varianta $N_{43}P_{185}K_{60}$ – 59.814 MJ/kg și cea mai ridicată – 93.518 MJ/kg – la varianta $N_{139}P_{176}K_{60}$, respectiv și conținutul de energie acumulată în sporul recoltei a variat de la 6.951 MJ/kg până la 19.069 MJ/kg producție principală.

Cea mai ridicată cantitate de energie consumată la producerea îngrășămintelor minerale, în substanță fizică, a fost la doza maximă cu azot de 180 kg/ha, care a corespuns variantei $N_{139}P_{176}K_{60}$ și a constituit 23.092 MJ/ha. Cheltuielile de producere a îngrășămintelor minerale în substanță activă corespund ca legitate după cantitatea de energie a substanței fizice obținute la o unitate de suprafață. În anul agricol 2014–2015 consumul de energie din contul îngrășămintelor cu azot (NH_4NO_3) în substanță activă a fost de 8,4 ori mai mare la nivelul 1,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol față de cel complex (amofos).

La nivelul de fosfor mobil 2,5 mg/100 g de sol, consumul energetic din îngrășământul cu azot a depășit de 1,1 ori pe cel complex. Pe nivelul 3,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol la fertilizarea cu îngrășăminte minerale cu azot în dozele N_{60-120} s-a observat o inversare a consumului energetic dintre îngrășământul complex și cu azot în substanță activă în raport de 1,7 la 4,1. Administrarea dozei de 180 kg N/ha a majorat consumul de energie de 1,2 ori la îngrășământul cu azot față de cel complex.

Dozele înalte de îngrășăminte minerale și umiditatea insuficientă în sol au redus eficiența energetică. În ce privește recoltarea directă cu combina, consumul de energie s-a majorat în funcție de mărimea sporului de recoltă de la 84 MJ/t până la 162 MJ la 1 tonă. Cheltuielile totale de energie au fost foarte mici la varianta $N_{(0)43}P_{185}K_{60}$ – 11.358 MJ/ha, la fertilizarea cu amofos și clorură de potasiu. Cheltuielile cele mai ridicate s-au stabilit la dozele de azot 120-180 kg/ha pe nivelul 3,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol de circa 20.034-24.458 MJ/ha. Recuperarea cheltuielilor energetice a fost de 0,61-0,95 unități acumulate în sporurile de recoltă, stabilind coeficienți bioenergetici scăzuți. Conform tabelului 1 din anexa 10, o eficiență energetică medie s-a format doar la varianta $N_{23}P_{160}K_{60}$, unde coeficientul bioenergetic (K_b) a fost de 1,31 unități.

În anul agricol 2015–2016 variantele cercetate au fost: $N_{113}P_{30}K_{60}$, $N_{90}P_{128}K_{60}$, $N_{59}P_{255}K_{60}$, $N_8P_{225}K_{60}$, $N_{52}P_{293}K_{60}$ și $N_{119}P_{263}K_{60}$. Puterea calorică în recolta totală a înregistrat acumulări de energie la varianta $N_{59}P_{255}K_{60}$, fertilizată cu amofos + clorură de potasiu, în sumă de 162.245 MJ/kg, apropiate de dozele cu NPK. Puterea calorică a recoltei totale la dozele cu nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol a fost de 157.463-171.323 MJ/kg. Dozele $N_{52}P_{293}K_{60}$ și $N_{119}P_{263}K_{60}$, după cantitatea totală de energie, sunt echivalente și constituie 189.500 MJ/kg de producție suplimentară.

La producerea a trei sortimente de îngrășăminte minerale aplicate în doze totale de la 0,487 t/ha până la 0,953 t/ha s-au cheltuit, conform substanței fizice, la varianta $N_{113}P_{30}K_{60}$, 12.126 MJ/ha, acestea fiind cele mai mici cheltuieli. Variantele $N_{90}P_{128}K_{60}$ și $N_{59}P_{255}K_{60}$ au fost echivalente cu 15.980-15.651 MJ/ha. La dozele înalte de azot de 120-180 kg/ha pe nivelul 3,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol s-au cheltuit circa 22.470-26.514 MJ la 1 hectar. La producerea îngrășămintelor minerale, exprimate în substanță activă, energia consumată a fost cea mai scăzută la varianta $N_{113}P_{30}K_{60}$ – 11.858 MJ/ha, datorită administrării unei doze moderate de amofos în cernoziomul carbonatic, la varianta $N_8P_{225}K_{60}$ s-au constatat cheltuieli totale de 12.787 MJ/ha.

La îngrășământul cu azot în substanță activă la varianta $N_{113}P_{30}K_{60}$, conform raportului N:P, consumul energiei a fost de 6,4 ori mai mare decât al celor de fosfor datorită nivelului scăzut de fosfor mobil în cernoziomul carbonatic. Pe nivelul 3,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol consumul energetic la producerea îngrășămintelor a schimbat raportul N:P, datorită cantităților ridicate de P la 1 ha de 225-293 kg/ha administrate în sol la variantele $N_{52}P_{293}K_{60}$ și $N_{119}P_{263}K_{60}$, consumul energetic a fost de 1,3-3,3 ori, chiar și de 16,5 ori mai mare. Cheltuielile energetice la recoltarea directă a grâului de toamnă au variat în funcție de sporul de recoltă al producției principale, fiind cel mai scăzut. La doza $N_{59}P_{255}K_{60}$ a constituit 24 MJ/t. La celelalte doze experimentate cheltuielile la recoltare au fost cuprinse între 91 și 270 MJ la 1 tonă de producție.

Referitor la cheltuielile totale de energie, acestea s-au majorat proporțional cu cantitățile de îngrășăminte administrate la suprafață sau în sol. Astfel, la variantele $N_{113}P_{30}K_{60}$, $N_{90}P_{128}K_{60}$, $N_{59}P_{255}K_{60}$, $N_8P_{225}K_{60}$, cheltuielile totale de energie au constituit circa 13.901-17.427 MJ/ha, iar la variantele $N_{52}P_{293}K_{60}$ și $N_{119}P_{263}K_{60}$ s-au majorat de 1,7 ori. Coeficientul bioenergetic cel mai ridicat a fost la varianta cu îngrășăminte la nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol, având o notă medie de 1,30-1,37 unități. Cei mai scăzuți coeficienți bioenergetici obținuți au fost la variantele $N_{59}P_{255}K_{60}$ și $N_8P_{225}K_{60}$, care s-au recuperat cu 0,18-0,74 unități acumulate în sporurile de recolte (tab. A 10.2).

În conformitate cu cantitatea de precipitații, anul agricol 2016–2017 s-a considerat umed, asigurând sporuri semnificative de recoltă la grâul de toamnă, cuprinse la variantele fertilizate cu NPK între 1,74 și 2,56 t/ha boabe. Variantele cercetate au fost: $N_{110}P_{45}K_{60}$, $N_{103}P_{75}K_{60}$, $N_{23}P_{98}K_{60}$, $N_{40}P_{85}K_{60}$, $N_{106}P_{60}K_{60}$ și $N_{159}P_{90}K_{60}$. După cum s-a observat din sporurile de recoltă, puterea calorică a recoltei totale a atins maximele în anul agricol 2016–2017. Varianta $N_{23}P_{98}K_{60}$, fertilizată doar cu amofos și clorură de potasiu, a fost cea mai mică și a constituit 237.965 MJ/kg. Dozele înalte de azot de 110 și 103 kg/ha pe un nivel scăzut și moderat de fosfor mobil de 1,5-2,5 mg/100 g de sol la variantele $N_{110}P_{45}K_{60}$ și $N_{103}P_{75}K_{60}$ au sporit producția masei vegetale secundare aeriene prin acumularea de recolte cu putere calorică totală de circa 282.868-261.452 MJ la 1

kilogram de producție totală, alcătuită din partea valorificabilă a plantei stabilită în faza de maturitate deplină. La variantele $N_{106}P_{60}K_{60}$ și $N_{159}P_{90}K_{60}$, fertilizate cu azot în doze de 106-159 kg/ha și cu fosfor de 60-90 kg P_2O_5 /ha, s-a obținut o putere calorică totală de circa 245.541-248.231 MJ la 1 kilogram.

În sporul de recoltă conținutul de energie a fost influențat direct de doza de azot de 45-75 kg/ha și mai puțin de fosfor la nivelele 1,5-2,5 mg P_2O_5 /100 g de sol și la nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol și al dozelor de azot N_{60-90} kg/ha. Astfel, s-a stabilit rolul nemijlocit al azotului în ontogeneza grâului de toamnă. La variantele $N_{110}P_{45}K_{60}$, $N_{103}P_{75}K_{60}$, $N_{106}P_{60}K_{60}$ și $N_{159}P_{90}K_{60}$ conținutul de energie a oscilat între limitele 33.190-42.059 MJ, cel mai scăzut a fost la doza $N_{23}P_{98}K_{60}$ – 9.817 MJ sau de 3,4-4,3 ori mai puțin, fapt datorat lipsei îngrășământului cu azot și dozelor mici de PK. Pentru producerea îngrășămintelor exprimate în substanță fizică s-au cheltuit la variantele menționate pentru PK – 6.321 MJ/ha, iar la NPK – de la 9.065 MJ/ha până la 19.709 MJ/ha. Pentru producerea îngrășămintelor minerale în substanță activă îngrășământul cu azot a depășit în medie de 2,6-4,1 ori pe cel complex, necesar fertilizării grâului de toamnă.

Cheltuielile de recoltare a sporurilor de recoltă cu combina autopropulsată direct din câmp prin tocarea și împrăștierea paielor au fost dependente de cantitatea sporului. Astfel, pentru comparație, la doza $N_{23}P_{98}K_{60}$ cu PK s-au consumat 84 MJ/t, iar la dozele cu NPK pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5-3,5 mg/100 g de sol cheltuielile energetice s-au majorat de la 243 MJ/t până la 357 MJ/t sau de 2,9-4,3 ori mai mult, datorită creșterii proporționale a sporului de boabe. Coeficienții bioenergetici cei mai ridicați au fost la dozele cu azot de 60-120 kg/ha sau de fosfor 45-85 kg/ha, recuperarea fiind de 2,12-2,67 unități, la doza de 180 kg N/ha eficiența medie a fost de 1,73 unități (tab. A 10.3).

În anul agricol 2017–2018 la grâul de toamnă s-au administrat fertilizanți la următoarele variante: $N_{107}P_{55}K_{60}$, $N_{92}P_{120}K_{60}$, $N_{54}P_{233}K_{60}$, $N_5P_{240}K_{60}$, $N_{78}P_{184}K_{60}$ și $N_{129}P_{221}K_{60}$. La creșterea fondurilor de fosfor mobil de la 1,5-2,5 mg până la 3,5 mg P_2O_5 /100 g sol, s-au administrat doze de 354-462 kg/ha de amofos substanță fizică. Bineînțeles că ele au satisfăcut și cantitatea de azot necesară la desprăvărare. Recolta totală obținută a avut puteri calorice la variantele $N_{107}P_{55}K_{60}$, $N_{92}P_{120}K_{60}$ de circa 100.079-154.582 MJ la 1 kilogram. Neadministrarea azotatului de amoniu nu a micșorat puterea calorică a recoltei totale datorită dozei ridicate de amofos.

Cantitatea de energie conținută în boabe a variat în funcție de sporul recoltei, care a alcătuit 3.977 MJ la varianta $N_{107}P_{55}K_{60}$, cu un spor de 0,24 t/ha, și a crescut proporțional până la 28.920 MJ la varianta $N_{129}P_{221}K_{60}$, sporul alcătuind 1,76 t/ha boabe.

La producerea îngrășămintelor minerale substanță fizică, s-au consumat de la 13.109 MJ/ha la varianta $N_{107}P_{55}K_{60}$ până la 24.862 MJ/ha la varianta $N_{129}P_{221}K_{60}$. Creșterea cheltuielilor de

energie s-a datorat cantităților ridicate de NP. S-a stabilit că la doza ridicată de 120 kg N/ha pe un nivel scăzut și moderat de fosfor mobil s-a depășit de 3,3 și 1,3 ori consumul de fosfor, care a constituit 9.314 și 8.012 MJ/ha la îngrășământul cu azot produs în substanță activă. O descreștere a consumului de azot a fost în cazul nivelului de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol de 1,0-1,3 ori la dozele 120-180 kg N/ha și maxim pe întreaga perioadă cercetată de peste 30,8 ori mai mare la varianta N₅P₂₄₀K₆₀.

Recoltarea directă cu combina din câmp a sporului de recoltă gospodărească a avut consumuri dependente de cantitatea sporurilor recoltei principale care au variat de la 33 MJ/t la varianta N₁₀₇P₅₅K₆₀ până la 245 MJ/t. Cheltuielile energetice totale asupra producției agricole la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic au constituit 13.952-26.518 MJ/ha, dublarea lor s-a datorat nivelului de fosfor mobil în sol. Recuperarea cheltuielilor prin eficiența energetică la variantele N₁₀₇P₅₅K₆₀, N₉₂P₁₂₀K₆₀, N₅₄P₂₃₃K₆₀ a fost scăzută, de 0,29-0,98 unități, și ineficientă, doar la variantele N₅P₂₄₀K₆₀, N₇₈P₁₈₄K₆₀ și N₁₂₉P₂₂₁K₆₀ coeficientul bioenergetic a depășit valoarea 1,0, constituind 1,09-1,38 unități la o unitate de producție (tab. A 10.4).

În anii agricoli 2014–2018 grâul de toamnă a fost fertilizat în medie cu doze ridicate de azot de 111 și 100 kg/ha pe fonduri de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol. În schimb, la nivelul 3,5 mg P₂O₅/100 g sol dozele de fosfor au crescut semnificativ, alcătuind 178-188 kg/ha, iar de azot s-au micșorat, constituind 19-77 kg/ha, la doza cu N₁₈₀ kg/ha ambele cantități de NP au fost ridicate. La nivelul de nutriție N₀P_{3,5}K₆₀ fertilizat cu PK, cantitatea de fosfor în substanță fizică, la fel, a fost ridicată. Pe întreaga perioadă agricolă cercetată variantele medii au fost: N₁₁₁P₃₈K₆₀, N₁₀₀P₈₇K₆₀, N₄₄P₁₉₃K₆₀, N₁₉P₁₇₈K₆₀, N₇₇P₁₈₇K₆₀, N₁₃₇P₁₈₈K₆₀.

Puterea calorică acumulată de energie a fost dependentă de mărimea recoltelor totale obținute la o unitate de suprafață pentru fiecare unitate de masă. Nivelul de nutriție la care nu s-a aplicat îngrășământ mineral cu azot a fost cel mai jos și a constituit 144.480 MJ la 1 kg de producție totală. Variantele N₁₁₁P₃₈K₆₀ și N₁₀₀P₈₇K₆₀ au acumulat o putere calorică înaltă, de 151.063-162.967 MJ/kg, iar la dozele cu azot de 60-120-180 kg/ha pe nivelul unic de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol puterea calorică s-a majorat de la 161.212 MJ/kg până la 166.344 MJ/kg producție totală.

Energia acumulată în sporurile de recoltă a crescut datorită dozelor de NP și mai puțin de K, variind de la 17.392 MJ la varianta N₁₁₁P₃₈K₆₀ până la 29.753 MJ la varianta N₁₃₇P₁₈₈K₆₀. Dozele de îngrășămintă au fost ridicate la variantele cu NPK și au constituit 0,497-0,858 t/ha, la nivelele 1,5-2,5 mg P₂O₅/100 g de sol dozele cu fosfor au fost cele mai mici: 0,074-0,166 t/ha. La varianta N₄₄P₁₉₃K₆₀ s-a administrat amofos + clorură de potasiu, cu o cantitate maximă la nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol de 0,371 t/ha (tab. 6.2).

Tabelul 6.2. Eficacitatea energetică la fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășăminte minerale pe cernoziomul carbonatic pe fond K₆₀ în anii agricoli 2014–2018

Nr.	Indicii energetici	Media 2014–2018					
		N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}
		N ₁₁₁ P ₃₈	N ₁₀₀ P ₈₇	N ₄₄ P ₁₉₃	N ₁₉ P ₁₇₈	N ₇₇ P ₁₈₇	N ₁₃₇ P ₁₈₈
Intrări de energie							
1.	Sporul de recoltă, t/ha	1,06	1,42	0,48	1,18	1,56	1,81
2.	Puterea calorică a recoltei totale, MJ/kg	151063	162967	144480	161212	165016	166344
3.	Conținutul de energie în sporul de recoltă, MJ	17392	23380	7970	19364	25684	29753
Cheltuieli de energie							
4.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total (t/ha)	0,497	0,557	0,471	0,496	0,683	0,858
	azotate (azotat de amoniu – 34,4%), t/ha	0,323	0,291	0	0,055	0,224	0,397
	potasice (clorură de potasiu – 60%), t/ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	complexe (amofos – 12:52), t/ha	0,074	0,166	0,371	0,341	0,359	0,361
5.	Producția de îngrășăminte s.f., total, MJ/ha	12450	14348	11952	12703	18291	23544
	azotat de amoniu – 34,4%, MJ/ha	9679	8710	0	1658	6696	11904
	clorură de potasiu – 60%, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	amofos – 12:52, MJ/ha	2273	5140	11454	10548	11097	11142
6.	Producția de îngrășăminte s.a., total, MJ/ha	12118	13636	10425	11292	16791	22022
	azotate, MJ/ha	9650	8683	0	1653	6675	11868
	potasice, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	complexe, MJ/ha	1970	4455	9927	9141	9618	9656
7.	Lucrări de transport, încărcare-descărcare, depozitare și aplicarea îngrășămintelor, MJ/ha	934	1047	885	932	1284	1613
8.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, MJ/ha	119	134	113	119	164	206
	Fertilizarea de bază, MBU-5, MJ/ha	42	64	113	106	110	111
	Fertilizarea suplimentară cu azot, MBU-5, MJ/ha	78	70	0	13	54	95
9.	Recoltarea directă a sporului de recoltă, MJ/t	148	198	67	164	217	252
10.	Transportul recoltei suplimentare, MJ/t	219	294	99	244	323	374
11.	Prelucrarea recoltei suplimentare, MJ/t	556	745	252	619	819	950
12.	Cheltuieli totale de energie, MJ/ha	14095	16054	11841	13371	19598	25418
13.	Coeficientul bioenergetic, un.	1,23	1,46	0,67	1,45	1,31	1,17

Cantitatea de clorură de potasiu – 0,100 t/ha – a fost aceeași la toate variantele cu îngrășăminte.

Cantitățile înalte de NP au influențat producția energetică a îngrășămintelor la un hectar. Calculul energetic pentru producerea totală de îngrășăminte a constituit la variantele fertilizate cu NPK circa 12.450-14.348 MJ/ha la aplicarea a 120 kg N/ha pe nivelele 1,5-2,5 P₂O₅ mg/100 g de sol și la nivelul 3,5 mg P₂O₅/100 g de sol în dozele ridicate de azot N₁₂₀₋₁₈₀ kg/ha a constituit 18.291-23.544 MJ/ha.

Exprimarea energiei de producere a îngrășămintelor în s.a. a demonstrat că la nivelul scăzut și moderat de fosfor mobil raportul N:P a depășit de 4,8 și 1,9 ori doza de fosfor aplicată. În ce privește lucrările de logistică a îngrășămintelor, cheltuielile de energie au crescut în funcție de sporul de producție principală obținută la 1 hectar, care au variat de la 885 MJ/ha până la 1.284 MJ la 1 hectar. Alte lucrări tehnice cu cheltuieli de energie, precum fertilizarea de bază, au fost strâns legate de cantitatea de PK aplicată.

Fertilizarea suplimentară cu azot a fost dependentă de dozele de azot restante și a constituit 13-95 MJ/ha. Cheltuielile energetice la transportul recoltelor obținute din sporuri a constituit la variantele cu NPK 219-374 MJ/t, iar cea mai mică, de 99 MJ/t la PK, a fost influențată de mărimea sporului de boabe. Cheltuielile totale de energie au confirmat eficacitatea energetică la doza de 60 kg N/ha pe nivelul P_{3,5} mg/100 g de sol, care a constituit 13.371 MJ/ha și N₁₂₀P_{2,5} cu 16.054 MJ/ha. Recuperarea cheltuielilor la cultivarea grâului de toamnă a fost de 1,45-1,46 unități de energie. Coeficienții bioenergetici au fost la variantele fertilizate cu îngrășăminte cu azot, complexe și potasiu mai mari de o unitate, ceea ce a justificat pe deplin aplicarea lor.

Varianța nefertilizată cu azotat de amoniu a avut o eficiență energetică scăzută sau inefficientă prin obținerea lui $K_b < 1,0$ adică 0,67 unități de energie recuperate față de cheltuielile raportate la sporul de recoltă. Din datele obținute se poate afirma că la asigurarea eficienței energetice înalte la grâul de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic ar trebui administrate NPK în doză moderată de 60 kg N/ha, 45-75 kg P₂O₅/ha și potasiu până la 60 kg K₂O/ha.

Cerințele actuale la obținerea producțiilor ridicate și constante la grâul de toamnă pe o unitate de suprafață impun alegerea tehnologiilor în agricultură ce vor asigura randamente maxime prin optimizarea consumurilor de energie și reducerea pierderilor de la boli și dăunători, buruieni, factori biotici și abiotici, climaterici.

Pe lângă tehnologiile existente legate de mecanizare, de sporire a dozelor de îngrășăminte minerale, s-au creat soiuri cu potențial productiv înalt, cu cerințe de nutriție ridicate, care au majorat consumul de energie directă și indirectă.

Schimbările climaterice din ultimii ani din Republica Moldova au determinat creșterea frecvenței secetelor, care influențează negativ rentabilitatea. Se impune asigurarea obținerii recoltelor înalte cu un complex de măsuri ce ar spori eficiența energetică prin consumuri reduse de energie pe unitatea de producție raportată la suprafață. În agricultură energia consumată se constituie din cheltuieli de diferită structură, precum energia activă directă sau externă, care include lucrări de transport, încărcare-descărcare, depozitare și aplicarea îngrășămintelor, fertilizarea de bază și suplimentară, recoltarea directă a sporului de recoltă, transportul și prelucrarea recoltei suplimentare. Energia activă indirectă se utilizează la producerea bunurilor consumabile, a îngrășămintelor minerale, iar energia pasivă include producerea mijloacelor fixe, precum infrastructura tehnică și imobilă.

Din analiza datelor obținute la fertilizarea grâului s-a stabilit că ponderea majoră a revenit energiei active, urmată de energia pasivă, care pe parcursul anilor a fost constantă și a influențat slab consumul total de energie. Consumului de energie indirectă legat de aplicarea îngrășămintelor chimice i-au revenit cele mai multe cheltuieli indirecte de energie în anii agricoli 2014–2018.

Obținerea producțiilor ridicate și constante pe unitatea de suprafață trebuie să fie orientată spre asigurarea randamentelor înalte prin reducerea consumurilor de energie ca măsură de eficientizare a cheltuielilor de energie, prin diminuarea lucrărilor tehnologice și optimizarea dozelor de îngrășămintă chimice. La producerea grâului de toamnă se impune asigurarea eficienței economice înalte la utilizarea energiei care depinde de factorii de producție, îngrășămintelor revenind 40% din total [19; 80, p. 32-44].

La calcularea eficienței energetice s-au determinat următorii indicatori energetici: bilanțul energetic, randamentul energetic, efectul energetic și consumul specific de energie la 1 kg de producție principală. Din datele prezentate în tabelele 6.3 și 6.4 s-au constatat majorări ale cheltuielilor directe și indirecte de energie la 1 hectar.

Cele mai mici consumuri pe parcursul a patru ani agricoli au fost la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ de circa 6.678-11.358 MJ/ha, în medie 11.841 MJ/ha, iar cel mai înalt consum s-a înregistrat la nivelul cu cele mai ridicate doze de NP: $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, care a constituit 22.579-26.518 MJ/ha, în medie 25.418 megajoule la 1 hectar.

Bilanțul energetic în producția totală a variat semnificativ în funcție de condițiile agroclimaterice. Valori scăzute s-au stabilit la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ – între 86.127 și 143.562 MJ/ha, în medie 132.639 MJ/ha la nivelul $N_0P_{3,5}K_{60}$. Un bilanț energetic ridicat pe parcursul anilor agricoli a fost înregistrat la dozele N_{60-120} pe nivelul de fosfor mobil 3,5 mg/100 g de sol, pe fond unic K_{60} , cu variații de 64.480-222.719 MJ/ha la nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ și de 69.621-229.868 MJ/ha la nivelul $N_{120}P_{3,5}K_{60}$. Totuși, media anilor agricoli a indicat nivelul de

nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ cu cel mai ridicat bilanț energetic. Bilanțul energetic a fost dependent de nivelul recoltei principale. S-a stabilit că la doza optimă $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, pe parcursul anilor agricoli, producția principală a avut bilanț energetic de 13.070-78.431 MJ/ha, recolta de 3.867 kg/ha a înregistrat cel mai eficient bilanț de 47.595 MJ/ha în conformitate cu tabelul 6.3 și tabelul 5 din anexa 10.

Tabelul 6.3. Eficacitatea energetică la cultura grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Recolta de boabe	Energia totală produsă		Energia consumată	Bilanț energetic	
		Total cultură	Producția principală		Total cultură	Producția principală
	kg/ha	MJ		Mj/ha	Mj/ha	
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	3503	151063	57661	14095	136968	43566
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	3867	162967	63649	16054	146913	47595
$N_0P_{3,5}K_{60}$	2931	144480	48238	11841	132639	36397
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	3623	161212	59633	13371	147841	46262
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	4007	165016	65953	19598	145418	46355
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	4254	166344	70022	25418	140926	44604

Randamentul, ca și în cazul bilanțului energetic, a fost ridicat la nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ cu valori de 6,1-22,3 per cultură și 2,7-4,2 unități la recolta de boabe. Randamentul energetic mediu la aceeași doză a constituit 12,1 unități total pe cultură și 4,5 unități la producția principală. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ pe parcursul anilor agricoli a avut un randament de 3,8-15,7 unități de energie la cultură pe total și 1,8-5,7 unități la recolta de boabe. Randamentul energetic mediu a constituit pentru recolta secundară și principală 10,2 unități de energie, dintre care 4,0 unități au revenit boabelor la grâul de toamnă. Însă s-a observat o evoluție invers proporțională dozelor de îngrășăminte, care, pe măsura creșterii masei, au scăzut efectiv randamentul (tab. 6.4).

Tabelul 6.4. Indicatorii eficacității energetice medii la cultura grâului de toamnă în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Randamentul energetic		Efectul energetic		Consumul specific de energie la 1 kg de producție principală
	Total cultură	Producția principală	Total cultură	Producția principală	
	un.		%		
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	10,7	4,1	972	309	4,02
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	10,2	4,0	915	296	4,15
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	12,2	4,1	1120	307	4,04
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	12,1	4,5	1106	346	3,69
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	8,4	3,4	742	236	4,89
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	6.5	2.8	554	175	5.97

A fost stabilit, conform datelor obținute, că nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-a dovedit a fi cel mai energoeficient. Din datele prezentate în tabelul 6 din anexa 10 și în tabelul 6.4 rezultă că optimizarea eficienței energetice este strâns legată de recoltă, de dozele de îngrășăminte minerale și de cheltuielile de logistică.

Consumurile specifice înalte de energie la producerea grâului de toamnă au fost recuperate în urma procesului de fotosinteză cu o eficiență medie de 282-2.130% la îngrășămintele chimice pentru producția totală și de 51-663% la producția principală (tab. A 10.6).

Astfel, cel mai mic coeficient de conversie din energia consumată în energie utilă s-a constatat la nivelul de nutriție $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, iar cel mai ridicat – la nivelul $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ (tab. 6.4). Analizând consumul specific de energie la 1 kg de producție principală, s-a observat o diminuare a efortului energetic pe unitatea de produs stabilit.

Majorarea consumurilor specifice de energie la 1 kg de producție a fost determinată de aplicarea dozelor de îngrășăminte cu azot și fosfor de la 3,69 MJ/kg pentru nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ până la 5,97 MJ/kg la nivelul $N_{180}P_{3,5}K_{60}$. Cel mai eficient din punct de vedere energetic nivel de nutriție, conform calculelor, s-a dovedit a fi $N_{120}P_{2,5}K_{60}$.

6.3. Concluzii la capitolul 6

1. În anii agricoli 2014–2018 eficiența economică la grâul de toamnă la fertilizarea cu îngrășăminte minerale a fost determinată de sporul recoltelor obținute, dozele de îngrășăminte cu azot și fosfor și prețul de achiziție. Dintre cei patru ani agricoli de cercetări, eficiența economică în anul agricol 2014–2015 cu secetă extremă a fost nerentabilă. Doar la doza moderată de azot N_{60} cu aplicarea a $P_{160}K_{60}$ s-a obținut o rentabilitate scăzută.

Anul agricol 2016–2017 s-a dovedit a fi cu cea mai ridicată rentabilitate – de 161% – la varianta $N_{120}P_{75}K_{60}$, care a asigurat din contul fertilizării la un kilogram de boabe un venit net de 2,61 lei/ha. Eficiența economică la cultura grâului de toamnă a avut o rentabilitate ridicată medie de 32-45% la varianta $N_{120}K_{60}$ kg/ha în doze scăzute cu fosfor 40-90 kg P/ha, care au corespuns nivelelor de fosfor mobil 1,5-2,5 mg/100 g de sol.

2. Pe parcursul anilor agricoli analizați dozele cele mai eficiente din punct de vedere energetic au fost la variantele $N_{100}P_{87}K_{60}$ și $N_{19}P_{178}K_{60}$, adică nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și, respectiv, $N_{60}P_{3,5}K_{60}$, cu cheltuieli totale de energie de 16.054 MJ/ha și 13.371 MJ la un hectar. Recuperarea cheltuielilor sau indicele bioenergetic a constituit 1,46 unități energetice cu o eficiență energetică înaltă.

3. Bilanțul și randamentul energetic între nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ s-au diferențiat semnificativ, fiind ridicat în toți cei patru ani agricoli. Consumul specific de energie la ambele nivele menționate a fost de la 3,69 până la 4,15 unități la producerea a 1 kg de boabe de grâu de toamnă.

CONCLUZII GENERALE

1. Conform regimului pluviometric și termic, anii agricoli au fost foarte diferiți. Anul agricol 2014–2015 a fost puternic secetos, 2015–2016 – umed moderat, 2016–2017 – foarte umed, 2017–2018 – an normal. Media anilor agricoli 2014–2018 s-a determinat ca umed moderată. Cele mai frecvente secete au fost de toamnă și de vară. Abateri ale precipitațiilor de la normele medii lunare în perioada 2014–2018 au fost înregistrate în august – septembrie cu circa -32... -18 mm și cu +19 ... +22 mm în lunile octombrie – noiembrie. Conform regimului termic, au fost înregistrate valori medii ale temperaturii în intervalul lunilor septembrie – martie de 5,8°C cu o abatere de 1,7°C și aprilie – iunie – 15,4°C sau peste 1,5°C. În perioada agricolă temperatura medie a fost de 11,3°C sau cu 1,6°C peste normă. Umiditatea medie relativă a aerului a fost normală. Condițiile climaterice diverse au condus la formarea diferitelor niveluri de recolte atât pe ani, cât și pe nivelele de nutriție cercetate.

2. Din analiza datelor experimentale reiese că procesul de biosinteză a substanței uscate a decurs conform legităților generale. Cantitatea medie de substanță uscată a influențat recolta obținută. Inițial, în faza de înfrățire, la doza N₁₂₀ pe nivelele de fosfor mobil 1,5-2,5-3,5 mg/100 g de sol s-au sintetizat cu 4,31-10,5 g/100 plante mai mult față de 6,16 g/100 plante la martor. Cea mai ridicată intensitate a procesului de biosinteză a substanței uscate a fost la nivelul de nutriție N₁₂₀P_{2,5}K₆₀. Prin urmare, nivelele de nutriție minerală au influențat semnificativ procesul de biosinteză a substanței uscate, ceea ce a determinat diferențierea recoltei.

3. Formarea nivelelor de nutriție minerală a contribuit la valorificarea diferită a rezervelor de apă în sol. Rezervele de apă productivă pe fazele de dezvoltare, pe nivelele fertilizate au scăzut treptat datorită consumului de către plante. Prin fertilizarea minerală raportată la nivelurile de recoltă, s-a stabilit că nivelul de nutriție N₁₂₀P_{2,5}K₆₀ a utilizat cel mai rațional apa din sol. Consumul de apă din sol la aplicarea îngrășămintelor minerale în anii secetoși a fost cu 37% mai redus față de martor.

4. Din cercetările efectuate rezultă că la aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu azot în doză de peste 120 kg/ha s-au format acumulări de azot nitric ce reprezintă o sursă de poluare a solului. S-a demonstrat că capacitatea de mineralizare a conținutului de humus a fost ridicată în anii agricoli moderați umezi – 0,04% și foarte umezi – 0,10%. Aplicarea îngrășămintelor complexe cu fosfor a menținut nivelele acestui element nutritiv la gradațiile de asigurare programate inițial. În sistemul de fertilizare minerală nu s-au constatat modificări esențiale în conținutul de potasiu schimbabil în sol.

5. Aplicarea îngrășămintelor minerale a influențat semnificativ mărimea și calitatea producției principale a grâului de toamnă. Pe nivelul optim de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-a obținut recolta medie de 3,87 t/ha, aducând un spor de 58% față de martor. Conținutul de gluten umed a constituit 27% sau cu 7% mai mult față de varianta nefertilizată. Fertilizarea minerală a asigurat un randament de gluten umed mediu de 1,06 t/ha sau 114% față de martor. Aplicarea îngrășămintelor minerale a majorat conținutul de proteină cu 1,2% comparativ cu varianta martor.

6. Rezultatele experimentale obținute au indicat eficacitate economică la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ cu recuperarea cheltuielilor de 1,57 lei/kg boabe și o rentabilitate maximă de 57% la aplicarea îngrășămintelor minerale pe cernoziomul carbonatic. Conform indicatorilor energetici, nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-a dovedit a fi cel mai eficient la administrarea și utilizarea rațională a îngrășămintelor minerale pe cernoziomul carbonatic.

RECOMANDĂRI PRACTICE

La cultivarea grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic se recomandă formarea în sol a următoarelor nivele de nutriție minerală: N_{90} ; P_2O_5 – 2,5-3,0 mg/100 g de sol; K_{60} .

Azotul în doză de 90 kg/ha va fi administrat în două etape: prima etapă – primăvara devreme, la reluarea ciclului de vegetație, prin împrăștiere sau cu semănătoarea în zona nodului de înfrățire; în fazele: înfrățire – 45 kg/ha și a doua la ieșirea în pai-înspicare – N_{45} .

Nivelele de nutriție cu fosfor mobil vor fi formate toamna în baza analizei solului cu stabilirea dozelor pentru ridicarea conținutului de P_2O_5 în sol la nivel optim. Pentru majorarea conținutului de P_2O_5 cu 1 mg/100 g de sol se recomandă de încorporat în sol 150 kg/ha s.a. de fosfor.

Îngrășămintele minerale cu potasiu se recomandă să fie administrate în doză de 60 kg/ha la lucrarea de bază a solului. Pe cernoziomurile carbonatice luto-argiloase în zona de sud a Republicii Moldova doza K_{60} este considerată optimă la culturile de câmp.

BIBLIOGRAFIE

1. AGRO BARDAR: *Catalog de îngrășăminte*. Agro Bardar © 2024 [citat 30.12.2024]. Disponibil: <https://agrobardar.md/>
2. AGRIM USAMV Cluj-Napoca [online]. *Tehnologii agrochimice ameliorative rezultate din experiențe de lungă durată*. 06 ianuarie 2025, [citat 06.02.2025]. Disponibil: <https://www.agrim.ro/post/tehnologii-agrochimice-ameliorative-rezultate-din-experien%C8%9Be-de-lung%C4%83-durat%C4%83>
3. ANDRIEȘ, S. et al. *Instrucțiuni metodice privind diagnoza sistemului sol-plantă a nutriției minerale la grâu de toamnă*. Chișinău: Agroinformreclama, 1993. 37 p.
4. ANDRIEȘ, Serafim, GOJINEȚCHI, Ana. Evoluția stării agrochimice a solului sub influența fertilizării sistematice. In: *Resursele funciare și acvatică. Valorificarea superioară și protecția lor: conferința științifico-practică consacrată împlinirii a 125 de ani de la nașterea acad. Nicolae Dîmo*. 1998. Chișinău: USM, 1998, pp. 24-26.
5. ANDRIEȘ, S., ZAGORCEA, C. Fertilitatea solului și deservirea agrochimică a agriculturii. In: *Buletinul Academiei de Științe a Republicii Moldova, Științe biologice, chimice și agricole*. 2002, nr. 2(287), pp. 42-44. ISSN 0568-5192.
6. ANDRIEȘ, Serafim, RUSU, Alexandru., DONOS, Alexei., CONSTANTINOV, Ion. *Managementul deșeurilor organice, nutrienților și protecția solului*. Chișinău: Pontos, 2005. 112 p. ISBN 978-9975-78-457-3.
7. ANDRIEȘ, Serafim. Grâul de toamnă, aspectul agrochimic. In: *Agricultura Moldovei*. 2005, vol. 9, pp. 6-8. ISSN 0582-5229.
8. ANDRIEȘ, Serafim. *Agrochimia elementelor nutritive. Fertilitatea și ecologia solurilor*. Ch.: Pontos, 2011. 232 p. ISBN 978-9975-51-203-9.
9. ANDRIEȘ, Serafim, LEAH, Nicolai. Optimizarea nutriției minerale a grâului de toamnă cu azot pe diferite soluri pentru obținerea recoltelor scontate. In: *Genetica și fiziologia rezistenței plantelor*. 21 iunie 2011. Ch.: S.n., 2011, p. 119-121 ISBN 978-9975-78-994-3.
10. ANDRIEȘ, Serafim, LEAH, Nicolai. Optimizarea nutriției minerale a grâului de toamnă în vederea obținerii producției scontate. In: *Academicianul I.A. Krupenikov – 100 ani Culegerea de articole științifice*. 10 aprilie 2012, Chișinău: Elan Poligraf, 2012, pp. 124-127. ISBN 978-9975-66-231-4.
11. ANDRIEȘ, S. et al. *Recomandări privind aplicarea îngrășămintelor pe diferite tipuri de sol la culturile de câmp*. Chișinău: Pontos, 2012. 68 p. ISBN 978-9975-51-343-2.

12. ANDRIEȘ, Serafim. Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a solului „Nicolae Dîmo” la 60 de ani . In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. 2013, nr. 3(30), pp. 49-56. ISSN 1857-0461.
13. ANDRIEȘ, S., **CIOCHINA, V.**, LUNGU, V., LEAH, N. Măsuri și procedee agrochimice de sporire a fertilității solurilor erodate. In: *Cadastru și Drept*. vol. 46, 30 septembrie 2016, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea Agrară de Stat din Moldova, 2016, pp. 51-54. ISBN 978-9975-64-284-2.
14. ANDRIEȘ, Serafim. Materia organică din solurile Moldovei și măsuri de sporire a fertilității. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. 2017, nr. 2(45), pp. 71-77. ISSN 1857-0461.
15. ANDRIEȘ, Serafim. Starea actuală a azotului din solurile Moldovei și măsuri de optimizare a nutriției plantelor. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. 2018, nr. 1(48), pp. 63-69. ISSN 1857-0461.
16. *Anuarul statistic al Republicii Moldova 2018*. Chișinău: F.E.P. Tipografia Centrală, 2018. 465 p. ISBN 978-9975-53-418-5.
17. *Anuarul Statistic al Republicii Moldova* [online]. © 2021 [citat 17.06.2021]. Disponibil: <https://statistica.gov.md/pageview.php?l=ro&idc=263&id=2193>.
18. *Aplicarea îngrășămintelor în agricultura durabilă*. Coord. S. TOMA. Ch.: A.Ș.M., 2008. pp. 83-86. ISBN 978-9975-62-216-5.
19. ARDELEAN, Alexandru, CHERCHEȘ, Ioan Aurel. Considerații despre producția de porumb și calculul bilanțului energetic al acestei culturii. In: *Știință și Inginerie* [online]. 2017, vol. 32 [citat 12.04.2022]. ISSN 2067-7138. Disponibil: <https://stiintasiinginerie.ro/category/arhiva-revista/2017/volumul-32/page/2/>
20. BACEAN, Ion. *Degradarea cernoziomurilor carbonatice sub influența eroziunii și dehumificării în condițiile Cîmpiei Moldovei de Sud*. tz. de doct. în agropedologie. Chișinău, 2001. 21 p.
21. BANARU, Anatol. *Îndrumări metodice perfecționate pentru determinarea bilanțului humusului în solurile arabile*. Chișinău: Tipografia Centrală, 2002, pp. 5-8.
22. BAJURA, Tudor et al. Impactul secetei asupra sectorului agricol. In: *Măsuri de asigurare a securității alimentare a Republicii Moldova în condițiile pandemiei COVID-19: studiu științifico-practic de intervenție*, Chișinău: Inst. Național de Cercetări Economice, 2021, pp. 40-46. ISBN 978-9975-89-230-8.
23. BORLAN, Z., HERA, CR. *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*. București: Ceres, 1973, pp. 105-109.

24. BORLAN, Zenoviu, HERA, Cristian., BUNESCU, Ovidiu. *Agrochimia fosforului, aspecte actuale de interes practic și științific*. București: Ceres, 1990. 240 p. ISBN 973-40-0074-8.
25. BORLAN, Z. et al. *Fertilitatea și fertilizarea solurilor: (Compendiu de Agrochimie)*. București: Ceres, 1994. 332 p. ISBN 973-40-0314-3.
26. BOINCEAN, Boris. Asigurarea dezvoltării durabile a sectorului agrar din Republica Moldova prin modernizare ecologică. In: *Noosfera. Revista științifică de educație, spiritualitate și cultură ecologică*. 2014, nr. 10, pp. 91-103. ISSN 1857-3517.
27. BOINCEAN, Boris; STADNIC, Stanislav. Eficacitatea sistemului de fertilizare a culturilor de câmp în asolamentul din stepa Bălțului. In: *Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană*. 6-7 septembrie 2017, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 35-41. ISBN 978-9975-71-927-8.
28. BOINCEAN, B. Managementul materiei organice a solului – măsură decisivă în atenuarea și adaptarea la schimbările climatice. In: *Revista de știință, inovare, cultură și artă Akademos*, 2023, nr. 3(70), pp. 88-89. ISSN 1857-0461.
29. *Buletin de monitoring ecopedologic*. Ed. I, Chișinău: Agroinformreclama, 1993. pp. 51-53.
30. BURLACU, Ion. *Deservirea agrochimică în Republica Moldova*. Chișinău: Pontos, 2000. 230 p. ISBN 9975-938-16-7.
31. BUDOI, Gheorghe. *Agrochimie. Vol. II: Îngrășăminte, tehnologii, eficiență*. București: Ed. Didactică și Pedagogică, 2001. 301 p. ISBN 973-30-2687-5.
32. Catalog 2020-2021. Multi Specii. [online]. caussadesemences, 2020 [citat 03.11.2020]. Disponibil: <https://www.caussade-semences.ro/files/Catalog%202020-2021.pdf>.
33. CEBAN, T., LUNGU, V., NICHITOI, A. Influența îngrășămintelor minerale asupra recoltei și calității boabelor grâului de toamnă. In: *Problemele agrochimiei în agricultura contemporană: Conferința Științifică Internațională. 19-20 august 1997*. Chișinău: UASM, 1997, pp. 180-181.
34. CERBARI, Valerian. *Sistemul de clasificare și bonitare a solurilor Republicii Moldova pentru elaborarea studiilor pedologice*. Chișinău: Reclama, 2001. pp. 41-43. ISBN 9975-938-62-0.
35. CERBARI, V. *Monitoringul calității solurilor Republicii Moldova. (Baza de date, concluzii, prognozare, recomandări)*. Chișinău: Pontos, 2010. pp. 376-384. ISBN 978-9975-51-138-4.
36. CIOCHINA, V. Influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic. In: *Rezultatele cercetărilor la cultura plantelor de câmp*

- în Republica Moldova. 19 iunie 2015, Bălți. Chișinău, Republic of Moldova: F.E.P., Tipografia Centrală, 2015, pp. 199-201. ISBN 978-9975-53-508-3.
37. **CIOCHINA, Vitalie.** Acțiunea îngrășămintelor minerale cu azot asupra productivității grâului de toamnă pe diferite niveluri de fosfor pe cernoziomul carbonatic. In: *Știința în nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. 25-26 septembrie 2015, Bălți. Bălți, Republic of Moldova: Tipogr. „Indigou Color”, 2015, pp. 57-58. ISBN 978-9975-3054-5-7.
 38. **CIOCHINA, Vitalie.** Modificarea principalilor indici agrochimici la aplicarea îngrășămintelor minerale sub cultura grâului de toamnă în condițiile anului agricol 2015-2016. In: *Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană*. 6-7 septembrie 2017, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 64-68. ISBN 978-9975-71-927-8.
 39. **CIOCHINA, Vitalie.** Productivitatea grâului de toamnă la aplicarea îngrășămintelor minerale pe cernoziom carbonatic în condițiile agroclimaterice ale anului agricol 2015-2016. In: *Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană*. 6-7 septembrie 2017, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 69-73. ISBN 978-9975-71-927-8.
 40. **CIOCHINA, Vitalie.** Dinamica umidității și elementelor nutritive în cernoziom carbonatic sub grâul de toamnă. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. Ediția a 3-a, 21-22 iunie 2019, Bălți. Balti, Republic of Moldova: Tipogr. „Indigou Color”, 2019, pp. 207-212. ISBN 978-9975-3316-1-6.
 41. **CIOCHINA, Vitalie.** Acțiunea fertilizatoare a îngrășămintelor minerale asupra culturilor de câmp pe cernoziomul carbonatic. In: *Eastern European Chernozems – 140 years after V. Dokuchaev, International Scientific Conference*. 2-3 octombrie 2019, Chișinău. Chișinău: CEP USM, 2019, pp. 62-66. ISBN 978-9975-149-37-2.
 42. DAVIDESCU, David, DAVIDESCU, Velicica. *Agrochimia*. București: ed. Didactică și Pedagogică, 1969. pp. 252-259.
 43. DARADUR, M., CAZAC, V., MIHAILESCU, C., BOIAN, I. *Monitoringul climatic și secetele*. Ch.: S.n., 2007. 184 p. ISBN 978-9975-9632-1-3.
 44. *Diversificarea sortimentului de îngrășămintă și îmbunătățirea calității acestora în raport cu cerințele agriculturii durabile: simp. șt. intern.*, 30-31 octombrie 2003, Bacău: AGRIS, 2003. 360 p. ISBN 973-8115-26-4.
 45. *DMG COMPANY: Îngrășămintă minerale*. DMG COMPANY © 2024 [citât 30.12.2024]. Disponibil: <https://dmg-company.md/ro/>

46. DONOS, Alexei. *Acumularea și transformarea azotului în sol*. Chișinău: Pontos, 2008. pp. 116-121. ISBN 978-9975-72-036-6.
47. DUMITRU, M. et al. *Cod de Bune Practici agricole. Vol.1. Protecția apelor împotriva poluării cu fertilizanți proveniți din agricultură și prevenirea fenomenelor de degradare a solului provocate de practicile agricole*. București: Expert, 2003. 159 p. ISBN 973-618-001-8.
48. *Fitotehnie vol I, Cereale și leguminoase pentru boabe*. Coord. Gheorghe Valentin ROMAN. București. Editura Universitară, 2011. pp. 81-99. ISBN 978-606-591-276-2.
49. GHEORGHIEV, Nicolae, STARODUB, Victor. *Studiul semințelor al culturilor de câmp*. Ch.: Print-Caro, 2010. pp. 121-145. ISBN 978-9975-4103-1-1.
50. GUMOVSCI, A. Cum obținem grâu bun pentru panificație. In: *Agricultura Moldovei*. 2008, vol. 10-11, pp. 30-32. ISSN 0582-5229.
51. GUMOVSCI, Andrei. Dereglări de nutriție la plante cauzate de excesul sau insuficiența elementelor nutritive [online]. *Agrobiznes*, 21 ianuarie 2021 [citat 05.02.2025]. Disponibil: <https://agrobiznes.md/dereglari-de-nutritie-la-plante-cauzate-de-excesul-sau-insuficienta-elementelor-nutritive.html>
52. *Harta solurilor Republicii Moldova*. [1:200000]. Chișinău: INGEOCAD, 2011. ISBN 978-9975-4230-1-4.
53. Hotărâre de guvern al Republicii Moldova cu privire la aprobarea Reglementării tehnice „Grâul, orzul, ovăzul, secara, porumbul și sorgul de uz alimentară”: nr. 202 din 11 martie 2009 [online]. *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, nr. 57-58, 2009, [citat 14.05.2024]. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=109693&lang=ro
54. IACOVLEV, V., GHERASI, A. *Ordinea universală în sistemele naturale*. Chișinău: S.n., 2016. 272 p. ISBN 978-9975-66-538-4.
55. *Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului “Nicolae Dimo” 60 ani*. Coord. T. Leah. Ch.: S.n. 2013. 49 p.
56. *INCE: Institutul Național de Cercetări Economice* [online], © 2021 [citat 28.09.2021]. Disponibil: <https://ince.md/>
57. IONESCU, N., TRĂȘCĂ, F., MINCĂ, GINA, IONESCU, S.G. Asolamentul de câmp între agricultura ecologică și cea sustenabilă. In: *Știința Solului*. 2014, Seria a III-a. vol. XLVIII, nr. 1, pp. 53-59. ISSN 0585-3052.
58. LĂCĂTUȘU, R. *Dicționar de agrochimie*. București: UNI-PRESS-C-68, 2002. 310 p. ISBN 973-8228-26-3.

59. LEONARD, Ilie, Mihalache, Mircea. *Pedologie: aplicații practice*. București: Estfalia, 2013. pp. 136-138; 172-174. 234. ISBN 978-606-8284-71-2.
60. LEAH, Tamara. Evoluția consumului de îngrășăminte în agricultura Republicii Moldova și Uniunea Europeană. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*, (ediția a 5-a), 29-30 iunie 2021. Bălți: F.E.P. Tipogr. Centrală, 2021, pp. 129-133. ISBN 978-9975-62-432-9.
61. LIXANDRU, Gh., et al. *Agrochimie*. București: Editura Didactică și Pedagogică București, 1990. 390 p. ISBN 973-30-0478-2.
62. LIXANDRU, Gh. *Sisteme integrate de fertilizare în agricultură*. Iași: PIM, 2006. pp. 23-26. ISBN 973-7967-06-7.
63. LUPAȘCU, Mihail. *Agricultura Moldovei și ameliorarea ei ecologică*. Chișinău: Știința, 1996. pp. 35-45. ISBN 9975-67-072-5.
64. LUPAȘCU, Gheorghe, JIGĂU, Gheorghe, VÂRLAN, Mihai. *Pedologie generală*. Iași: Junimea, 1998. pp. 73-128. ISBN 973-37-0390-7.
65. LUNGU, Vasile. Eficacitatea economică și energetică a fertilizării culturilor agricole. In: *Cercetări la culturile plantelor de câmp în Republica Moldova. Conferința națională cu participare internațională, 21-22 iunie 2018*. Bălți: Indigou Color, 2018, pp. 82-86. ISBN 978-9975-3225-3-9.
66. LUNGU, Vasile. Influența nivelurilor de nutriție minerală asupra productivității culturilor de câmp pe sol cenușiu de pădure. In: *Academician Leo Berg – 145: Collection of Scientific Article=Академику Л. С. Бергу – 145 лет*. Бендер: Arconteh, 2021, pp. 159-163. ISBN 978-9975-3404-9-6.
67. LUNGU, V., LEAH, N., **CIOCHINA, V.** et al. *Recomandări privind optimizarea regimurilor nutritive a solurilor și aplicarea îngrășămintelor la culturile de câmp*. Chișinău: Lexon-Prim, 2021. pp. 51-58. ISBN 978-9975-3291-3-2.
68. LUNGU, V., SAVIN, E., PANU, V. Evaluarea stării regimurilor nutritive ale solurilor în experiențele de lungă durată. In: *Direcțiile de modernizare a cercetărilor ameliorative și tehnologice la culturile cerealiere și leguminoase*, 29-30 iunie 2021, Bălți, Balti. Î.S. „Tipografia Centrală”, 2021, pp. 309-317. ISBN 978-9975-53-508-3.
69. MATEI, Gh., PĂUNESCU, G. Influența fertilizării minerale și organice în cadrul diferitelor asolamente asupra calității recoltei la grâul de toamnă cultivat în zona Centrală a Olteniei. In: *Lucrări științifice*. 2008, vol. LI, nr. 1, pp. 588-595. ISSN 1222-5339.

70. MADJAR, Roxana, DAVIDESCU, Velicica. *Agrochimie*. București: Cursul de agrochimie, 2009 [citat 05.02.2025]. Disponibil: <https://horticultura-bucuresti.ro/wp-content/uploads/2022/08/Agrochimie.pdf>
71. MACHIDON, Mihail et al. *Catalagul soiurilor de plante al Republicii Moldova*. Chișinău: Lumina, 2014. 122 p.
72. MIHALACHE, Mircea. *Pedologie: geneza, proprietățile și taxonomia solurilor*. București: Ceres, 2006. pp. 43-49. ISBN 987-973-40-0749-3.
73. MOȘANU, E., TĂRÎȚĂ, A., SANDU, M. Impactul compușilor azotului amoniacal asupra solului și apelor subterane. In: *Cercetarea și gestionarea resurselor de sol*, conf. șt.intern. 8-9 sept. 2017. Chișinău: CEP USM, 2017, pp. 342-345. ISBN 978-9975-71-931-5.
74. NEDEALCOV, Maria et al. *Atlas. Resursele climatice ale Republicii Moldova*. Ch.: Î.E.P. Știința, 2013. 76 p. ISBN 978-9975-67-894-0.
75. NEDEALCOV, Maria. Schimbările climatice pe teritoriul Republicii Moldova. In: *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice, Conf. șt. cu participare internațională: Ed. a II-a, 23 noiembrie 2018*. Chișinău: S.n., 2018, pp. 121-126. ISBN 978-9975-3178-9-4.
76. PATRICHE, Cristian Valeriu. *Metode statistice aplicate în climatologie*. Iași: Terra Nostra, 2009. 170 p. ISBN 978-973-1888-08-8.
77. PLĂMĂDEALĂ, V., BULAT, L., BÎSTROVA, N. Acțiunea diferitor tipuri de gunoi de grajd folosit ca îngrășământ asupra fertilității solului și productivității culturilor de câmp. In: *Direcțiile de modernizare a cercetărilor ameliorative și tehnologice la culturile cerealiere și leguminoase*. 29-30 iunie 2021, Bălți, Balti: Î.S. „Tipografia Centrală”, 2021, pp. 327-338. ISBN 978-9975-53-508-3.
78. *Programul complex de valorificarea a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor*. Partea a II-a. Sporirea fertilității solurilor. Chișinău: Pontos, 2004 pp. 13-21. ISBN 9975-927-97-1.
79. Prețurile medii la culturile agricole în Republica Moldova anul 2024 [online]. *Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare*, 2025 [citat 28.01.2025]. Disponibil: <https://maia.gov.md/ro/content/analiza-pre%C8%9Burilor>
80. RĂUȘ, L., JITĂREANU, G. Eficiența energetică a diferitelor sisteme de lucrare a solului și niveluri de fertilizare. In: *Sisteme de Lucrări Minime ale Solului. Al 6-lea Simpozion cu participare internațională*. 27-29 iunie 2011, Cluj-Napoca, UASMV Cluj, 2011, pp. 32-44. ISSN 2247-7535.

81. *Recomandări privind aplicarea îngrășămintelor*. Chișinău: Agroinformreclama, 1994. pp. 34-41.
82. Regulamentul cu privire la conținutul documentației cadastrului funciar: nr. 1261 din 26 noiembrie 2004. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2004, nr. 212-217, pp. 88.
83. *Rezervația Codrii, 400 ani: simp. șt. intern.* 29-30 septembrie 2011, Chișinău. Ch., 2011. 424 p. ISBN 978-9975-67-799-8.
84. *SERVICIUL HIDROMETEORLOGIC DE STAT: Caracterizări ale vremii*. [citat 20.01.2019]. Disponibil: <https://old.meteo.md/mold/nsdecada.htm>
85. SOFRONI, Valentin, PUȚUNTICĂ, Anatolie. Seceta ca fenomen al degradării ecologice a mediului înconjurător. In: *Acta et commentiones (Științe Exacte și ale Naturii)*. 2016, nr. 1(1), pp. 84-93. ISSN 2537-6284.
86. Solurile din țară degradează în fiecare an. In: *Agravista*. 2019. 26 apr. nr.8 (270), pp. 11.
87. *Solurile Moldovei: Geneza, clasificarea, bonitarea, utilizarea durabilă*. Coord. CERBARI, Valerian. Chișinău: Lexon-Prim, 2023. pp. 481-485. ISBN 978-9975-172-18-9.
88. *Știința solului în România în secolul XX-lea*. Coord. N.FLOREA., M.DUMITRU. București: Cartea Pentru Toți, 2002. 415 p. ISBN 973- 85917-0-8.
89. TOMA, Simion, LUPAN, Aurelia. Nutriția minerală-baza științifică a fertilizării fitotehnicii. In: *Serviciul agrochimic de stat al Republicii Moldova la 35 de ani*. Chișinău: Rotaprint, 1999. 250 p.
90. TUDORACHE, Gheorghe, IGNAT, Anatolie. Particularitățile secetei anului 2015 și unele măsuri de diminuare a impactului în sectorul agricol. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. 2015. nr. 3(38), pp. 71-74. ISSN 1857-0461.
91. ȚURCANU, Mihai et al. *Îndrumări metodice pentru determinarea bilanțului humusului în solurile Moldovei*. Chișinău: UASM, 1994. 24 p.
92. UNGUREANU, V., CERBARI, V., MAGDÎL, A., GHERMAN, E. *Practici agricole prietenoase mediului*. Ch: I.S, F.E.P. Tipografia centrală, 2006. pp. 32-35. ISBN 978-9975-9710-8-9.
93. URSU, Andrei. *Raioanele pedogeografice și particularitățile regionale de utilizare și protejare a solurilor*. Ch.: Tipogr. Acad. De Șt., 2006. pp. 151-192. ISBN 978-9975-62-035-2.
94. *Агроклиматический справочник по Молдавской ССР*. Кишинев: Картя Молдовеняскэ: 1969. с. 166-167.
95. *Агроклиматические ресурсы Молдавской ССР*. Ленинград: Гидро-метеоиздат, 1982. с. 90-98.

96. *Агрометеорологический бюллетень. Ежедекадная информация Гидро-метеорологической службы Республики Молдова, Кишинев* - 2014, 2015.
97. АНДРИЕШ, С.В. *Регулирование питательных режимов почв под планируемый урожай озимой пшеницы и кукурузы*. Кишинёв: Штиинца, 1993. 200 с. ISBN 10201177.
98. АРИНУШКИНА, Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. Москва: Московского Университета, 1970. 489 с.
99. АТАМАНЮК А.К. Водный режим и влагообеспеченность растений. В: *Вопросы исследования и использования почв Молдавии*. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1969. с. 234.
100. БАРАЕВА, А.И. и др. *Яровая пшеница*. Москва: Колос, 1978. 429 с.
101. БАЛЮКА, С.А., ХАСАНХАНОВОЙ, П.В., КРАСИЛЬНИКОВА, П.В. Устойчивое управление почвенными ресурсами в евразийском регионе. В: АЧАСОВА, А.А., и др. *Процессы и механизмы деградации почв* [online]. Рим: ФАО, 2021 [citat 05.01.2025]. с. 34-44. ISBN 978-92-5-134734-8. Disponibil: DOI: <https://doi.org/10.4060/cb5827ru>
102. БЕЛТЕЙ, В.Н. Влияние систематического применения удобрений на содержание гумуса в карбонатном черноземе и продуктивность севооборота. В: *Мелиорация и химизация земледелия Молдавии, тезисы докладов республиканской конференции*, часть 1, 11-12 июля 1988. Кишинев: НТО, 1988, с. 12-13.
103. БОРОНИН, Н., БОРОНИНА, И. Влияние форм фосфорных удобрений на черноземе типичном. В: *Агрохимия*. 1984, № 6, с. 8. ISSN 0134-2878.
104. БОИНЧАН, Б.П. *Экологическое земледелие в Республике Молдова*. Chişinău: Ştiinţa, 1999. 270 с. ISBN 9975-67-127-6.
105. БОИНЧАН, Б., ДАВИД, Д. *Земледелие на черноземах. Адаптивный менеджмент почв*. Chişinău: Prut Internațional, 2020. pp. 31-49. ISBN 978-9975-54-486-3.
106. БОТНАРЬ, В., АЛЕКСАНДРОВ, Е., ШТЕФЫРЦА, А. Мониторинг агрометеорологических параметров – необходимое условие планирования и перехода к точному земледелию. In: *Ştiinţa în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. Ediția a 4-a, 26-27 iunie 2020, Bălţi. Bălţi, Republic of Moldova: Indigou Color, 2020, pp. 24-30. ISBN 978-9975-3382-6-4.
107. БУЗЬКО, В.А., *Энергетическая оценка технологий возделывания и уборкой озимой пшеницы при длительном применении средств химизации в полевом севообороте*

- центрального нечерноземья России*: автореф. д-ра. с.-х. наук. Москва, 2007. 26 с.
108. ВАДЮНИНА, А.Ф., КОРЧАГИНА, З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. В поле и лаборатории. Москва: Высшая школа, 1961. с. 167-168.
 109. ВИЛЯМС, В.Р. Задачи обеспечения воды и пищи для растений. В: *Травопольная система земледеля*. Москва: том 7, 1951. с. 70-72.
 110. ВРОНСКИХ, М.Д. *Технология возделывания полевых культур и развитие вредителей и болезней*. Chişinău: Pontos, 2005, с. 5-10. ISBN 9975-926-80-0.
 111. ГОНЧАРОВА, Т.Н., АЛЕКСЕЕВ, В.Е. О миграционной способности карбонатов в профиле черноземов. В: *Почвы Молдавии и их использование в условиях интенсивного земледелия*. Кишинев: Штиинца, 1978. с. 134-142.
 112. ГОЖИНЕЦКАЯ, А., АНДРИЕШ, С., ЛЯХ, Н. Динамика накопления сухого вещества и использования элементов питания озимой пшеницей в зависимости от уровня урожая. В: *Плодородие почв и эффективность удобрений*. Кишинев: Штиинца, 1992. с. 68-79.
 113. ГОЛДШТАЙН, В., БОИНЧАН, Б. *Ведение хозяйств на экологической основе в лесостепной и степной зонах Молдовы, Украины и России*. Москва: Эко Нива, 2000. 272 с. ISBN 5-89923-004-5.
 114. ГУСТАВСОНОМЪ, Ф. *Двадцать лекций. Агрономической химии*. Москва: Типо-литография, 1889. с. 11-48.
 115. ГУМАНЮК, А.В., МАЙКА, Л.Г., КОРОВАЙ, В.И. Роль севооборота и удобрений в оптимизации пищевого режима растений. В: *Селекция, семеноводство и технологии возделывания сельскохозяйственных культур: док. науч.-практической конф., Тирасполь, 10 апреля 2020*. Тирасполь: Arconteh, 2020, с. 258-261. ISBN 978-9975-3404-1-0.
 116. ДАРЕНСКИХ, Светлана. *Анализ посевных площадей пшеницы опубликовали международные эксперты*, [online]. ГлавАгроном, 2024 [citat 07.05.2024]. Disponibil: <https://glavagronom.ru/news/analiz-posevnyh-ploshchadey-pshenicy-opublikovali-mezhdunarodnye-eksperty>
 117. ДИКУСАР, И.Г., КАНИВЕЦ, И.И. О задачах агрохимии в условиях Молдавии. В: *Эффективность удобрений в условиях Молдавии*. Кишинев: Сельхозиздат, 1962, вып. 2, с. 3-19.
 118. ДИКУСАР, И.Г. Биологическая потребность растений высокого урожая в элементах плодородия почвы и эффективность удобрений в Молдавии. В: *Эффективность*

- удобрений в условиях Молдавии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1970, вып. 5, с. 3-10.
119. ДОСПЕХОВ, Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 2-е изд.*, Москва: Колос, 1968. 336 с.
 120. ДОСПЕХОВ, Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) изд 4-е.*, Москва: Колос, 1979. 416 с.
 121. ДРИЧКО, В.Ф. Экспоненциальная модель накопления химических элементов в почве при внесении удобрений. В: *Почвоведение*. 1999, № 3, с. 354-358. ISSN 0032-180X.
 122. ЕФИМОВ, В.Н., КАЛИНИЧЕНКО, В.Г., ГОРЛОВА, М.Л. *Пособие к учебной практике по агрохимии*. Ленинград: Агропромиздат, 1988. с. 110-130.
 123. ЗАГОРЧА, К. Л. *Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах*. Кишинев: Штиинца, 1990. с. 220-227. ISBN 5-376-00667-0.
 124. ЗАХАРОВА, И. А., ЮМАШЕВ, Х. С. Резервы фосфора и калия в основных типах зональных почв Челябинской области. В: *Вестник НГАУ*. 2020, № 3 (56), с. 38-45. ISSN 2076-6724.
 125. ИРИНЕВИЧ, А. К эволюции черноземов карбонатных Юга Молдавии. In: *Aspecte ecologice ale folosirii și protecției resurselor de sol din Moldova. Tezele referatelor conferinței republicane*: vol. I, 12-13 iulie 1990. Chișinău: Știința, 1990. pp. 28-30.
 126. ИРНАЗАРОВА, Н.И., Буғдой бошоклари донлари зичлиги муаммолари ва илмий-амалий ечимлири. *Ўзбекистон аграр фани хабарносам* [online]. 2020, 4(82), 46-49 [citat 06.08.2021]. ISSN 100164. Disponibil: http://www.agriculture.uz/filesarchive/agrar_vestnik_4_2020.pdf.
 127. КАЗАКОВ, Е.Д. *Методы определения качества зерна*. Москва: Колос, 1967. с. 84-180.
 128. КОСТЫЧЕВИЧ, П. *Учение об удобрении почв*. С. Петербургъ: А.Ф. Девриэна, 1893. 231 с.
 129. КОРДУНЯНУ, П.Н., Методы программирования урожая и определения системы удобрения полевых культур. В: *Система удобрений в интенсивном земледелии*. Кишинев: Штиинца, 1979, с. 16-32.
 130. КОРЕНЬКОВ, Д.А. *Минеральные удобрения при интенсивных технологиях*. М.: Росагропромиздат, 1990. 192 с. ISBN 5-260-00116-8.
 131. КОЛЕДА, К.В. и др. *Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур*. Гродно: ГГАУ, 2010. с. 33-37. ISBN 978-985-6784-71-5.

132. КРУПЕНИКОВ, Игор. *Чернозёмы Молдавии*: автореф. д-ра. географ. наук. Кишинев, 1966. 27 с.
133. КРУПЕНИКОВ, И.А. и др. *Почвы Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1986. 333 с.
134. КРУПЕНИКОВ, И.А. *Черноземы: возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения*. Chişinău: Pontos, 2008. 285 с. ISBN 978-9975-102-66-7.
135. ЛАПА, В.В. и др. *Система применения удобрений: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Агрохимия и почвоведение», «Защита растений и карантин»*. Гродно: ГГАУ, 2011. с. 350-359.
136. МАЦЫНА, М.С. *Влияние удобрений на урожай основных культур*. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1973. 107 с.
137. МАЛЫЧИНА, Л.П., ЮЖАКОВ, А.И. Моделирование оптимального фосфатного состояния почв степной зоны. В: *Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири*. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1989, с. 138-146.
138. *Методические указания по оптимизации минерального питания зерновых культур с помощью методов растительной диагностики*. Москва: Колос, 1983. 54 с.
139. МИНЕЕВ, В.Г. и др. *Практикум по агрохимии*. М.: МГУ, 1989. с. 187-191. ISBN 5-211-00398-5.
140. МИНЕЕВ, В.Г. и др. *Практикум по агрохимии*. М.: МГУ, 2001. с. 170-176. ISBN 5-211-04265-4.
141. МУРЗА, И.Ф., ТКАЧЕВА, Н.С. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы на черноземах УССР. В: *VIII всесоюзного съезда почвоведов, тезисы докладов. 14-18 августа 1989*. Новосибирск: ВАСХНИЛ, 1989, с. 230.
142. НИАГБЕ, Комла, Менса. Гумусное состояние и азотный режим карбонатного чернозема при длительном применении удобрений в севооборотах. В: *Мелиорация и химизация земледелия Молдавии, тезисы док. респ. конф. Часть 2. 11-12 июля 1988*. Кишинев: Реклама, 1988, с. 24.
143. НИКИТИШЕН, В.И., ДМИТРАКОВА, Л.К., ЗАБОРИН, А.В., ЛИЧКО, В.И. Формирование нитратного максимума при длительном внесении азотных удобрений. В: *Почвоведение*. 1999, № 2, с. 241-252. ISSN 0032-180X.
144. ПАИДИН, П.Г., посвящено Д.Н. - Пряшников *Избранные сочинения, том - 3*. Москва: Сельхозиздат, 1963. 647 с.

145. ПЕТЕРБУРГСКИЙ, А.В. *Практикум по агрономической химии*. М.: Колос, 1968. с. 29-30.
146. ПЕТРОВА, Л., ШУСТИКОВА, Е. Вынос и баланс основных элементов питания при систематическом внесении удобрений в севообороте. В: *Основные пути повышения плодородия почв Ставрополья*. Ставрополь: СНИИСХ, 1982. с. 4-12.
147. ПРЯНИШНИКОВ, Д.Н. *Общие вопросы земледелия и химизации. Избранные сочинения. Том третий*. Москва: 1965. с. 249-256.
148. *Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Часть II. Повышение плодородия почв*. Коорд. С. АНДРИЕШ. Chişinău: Pontos., 2005. 148 с. ISBN 9975-72-174-5.
149. ПРАСОЛОВА, А.А. Изучение газообразных потерь азота и динамика почвенного дыхания в черноземе выщелоченном. В: *Агрохимический вестник*. 2014, № 6, с. 25-27. ISSN 0235-2516.
150. *Рекомендации по использованию удобрений в Молдавской ССР на 1986-1990 гг.* Кишинев: Рыбницкая типография, 1987. с. 16-18.
151. РОДЕ, А.А. *Водный режим почв и его регулирование*. Москва: Академии Наук СССР, 1963. с. 91-102.
152. САМАЛИЕВА, Анка, ТОШЕВА, Евгения. Влияние различных уровней удобренности различных типов почв на экономическую эффективность возделывания пшеницы. В: *РЖ. Биология*. 2006, Сер. 68. № 1, с. 32. ISSN 0869-4044.
153. СЕРАЯ, Т.М., и др. Влияние систем удобрения на урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве. В: *Почвоведение и Агрохимия*. 2022, № 2(69), с. 57-70. ISSN 0130-8475.
154. СИНИЦИНА, Н.И., ГОЛЬЦБЕРГ, И.А., СТРУННИКОВ, Э.А. *Агроклиматология*. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. с. 62-82.
155. СИНКЕВИЧ, З.А. *Современные процессы в черноземах Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1989. с. 36-46. ISBN 5-376-00179-2.
156. СОЗИНО, А.А., ЖЕМЕЛА, Г.П. *Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы*. Москва: Колос, 1983. 270 с.
157. СОРОКИНА, О.А. *Система применения удобрений: метод. указания для практических занятий*. Красноярск: Красноярского государственного аграрного университета, 2015. с. 73-85.
158. *Справочник по климату СССР, вып. II, Молдавская ССР, часть IV*. Ленинград: Гидрометеорологическая, 1968. с. 9-14.

159. СЫРЫЙ, В. Эффективности сложных удобрений на черноземе типичном. В: *Агрохимия*. 1984, №3, с. 9-13. ISSN 0134-2878.
160. СЫЧЕВ, В.Г. *Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования*. М.: РАН, 2019. 328 с. ISBN 978-5-907036-01-7.
161. ТОМПСОН, Л.М., ТРОУ. Ф.Р. *Почвы и их плодородия*. Москва: Колос, с. 246-264.
162. УЛАНОВА Е.С. *Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы*. Ленинград.: Гидро-метеиздат, 1975. 301 с.
163. УНТИЛЫ, И.П. *Озимая пшеница в Молдавии*. Кишинев: Картя Молдовеняскэ. 1979. 135 с.
164. УНГУРЯН, В.Г., ХОЛМЕЦКИЙ, А.М. *Проблемы окультуренности и воспроизводства плодородия почв Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1990. 187 с. ISBN 5-376-00692-1.
165. УРСУ, А.Ф. и др. *Атлас почв Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1988. с. 83-87. ISBN 5-376-00509-7.
166. ФИЩЕНКО, Ю., ВИТРИХОВСКИЙ, П. *Приемы локального внесения основного минерального удобрения. Бюлетины ВИУА*. Сер. 62. 1983. с. 24-28. ISSN 492256.
167. ХАНИЕВА, И. М., ШОГЕНОВ, Ю. М. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания в условиях вертикальной зональности центральной части Северного Кавказа. В: *Доклады Адыгской (Черкесской) международной академии наук*. 2024, Т. 24, № 2, с. 124-136. ISSN 1726-9946.
168. ХРИСТЕНКО, А.А. *Калийное состояние почв и эффективность удобрений*. Х.: ФЛП Бровин А.В., 2017. 120 с. ISBN 978-617-7555-25-3.
169. ЦЕРЛИНГ, В.В. Анализ растений и проблемы удобрений. В: *Тезисы докладов на третьем всесоюзном делегатском съезде почвоведов, 4-16 июля 1966*. Тарту: Х. Хейдеманна, 1966, с. 202-203.
170. ЦЫГАНOK, В. Экологические особенности регулирования фосфорного состояния почв. In: *Aspecte ecologice ale folosirii și protecției resurselor de sol din Moldova, Tezele referatelor conferinței republicane*. vol. II, 12-13 iulie 1990. Chișinău: Știința, 1990. pp. 138-140.
171. ЧЕСНЯК, Г.Я. и др. Г. Гумосовое состояние черноземов. В: *Русский чернозем, 100 лет после Докучаева*. Москва: Наука, 1983. с. 186-198. ISBN 3802020000-408.
172. **ЧЕКИНА, В.В.** Расход воды озимой пшеницы на 0,1 т зерна и характеристика весеннего запаса влаги на карбонатном чернозёме, в зависимости от минерального

- питання. В: *Інноваційні розробки в сільськогосподарській галузі - наукові пошуки молоді. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених*. 16 травня 2019, Херсон. сел. Наддніпрянське, м. Херсон, Україна: Видавець ІЗЗ НААН, 2019, с. 140-142.
173. **ЧОКИНА, В.В.** Влияние минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы на карбонатном черноземе на Юге Республики Молдова. In: *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур. Тези доповідей, V Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених*. 29–30 вересня 2016, Київ. Вінниця, Україна: Видавець ТОВ Нілан-ЛТД, 2016, с. 32.
 174. **ЧОКИНА, Виталий.** Динамика накопления азота и прогноз урожая озимой пшеницы. In: *Отходы, причины их образования и перспективы использования Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции*. 26-27 март 2019, Краснодар. Краснодар, Россия: Типография Кубанского государственного аграрного университета, 2019, с. 583-586. ISBN 978-5-00097-843-6.
 175. ШКЕЛЬ, М.П. и др. *Применение удобрений в интенсивном земледелии*. Минск: Ураджай, 1989. с. 76-83. ISBN 5-7860-0126-1.
 176. ШПААР, Д. и др. *Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование*. К.: Зерно, 2012. с. 13-37. ISBN 978-966-1560-05-4.
 177. AULA, L., et al. Improving winter wheat grain yield and nitrogen use efficiency using nitrogen application time and rate. In: *Agrosystems, Geosciences and Environment*. 2021, vol. 4, nr. 1, e21048. ISSN 2639-6696.
 178. CAMPBELL, C., et al. The first 12 years of a longterm crop rotation study in South-western Saskatchewan-nitrate-N distribution in soil and N uptake by the plant. In: *Canadian Journal soil*. 1983, vol. 63, nr. 3, pp. 563-578. ISSN 25286.
 179. **CIOCHINA, Vitalie, LUNGU, Vasile.** Modification of carbonated chernozem agrochemical indices under influence of systematic application of mineral fertilizers in Moldova. In: *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, [online]. 2017, vol. LX. pp. 53-56. [citat 08.12.2020]. ISSN 2285-5785. Disponibil: <http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2017/vol2017.pdf>.
 180. **CIOCHINA, Vitalie, LUNGU, Vasile.** The fertilizers influence on the harvest and the quality of winter wheat on the calcareous chernozem under the agroclimate conditions of the 2011-2017 period. In: *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, [online]. 2018, vol. LXI.

- nr. 2, pp. 77-80. [citat 08.12.2020]. ISSN 2285-5785. Disponibil: http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2018/issue_2/vol2018_2.pdf.
181. **CIOCHINA, Vitalie**, LUNGU, Vasile. The dry accumulation in the winter wheat ontogenesis on the calcareous chernozem under mineral fertilizers action. In: *Scientific Papers. Series "Management, economic engineering in agriculture and rural development"*, [online]. 2019, vol. 19. nr. 3, pp. 119-123. [citat 08.12.2020]. ISSN 2284-7995. Disponibil: http://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.19_3/volume_19_3_2019.pdf.
 182. EHSAN, N, et al. Climate change risk perception and adaptation to climate smart agriculture are required to increase wheat production for food security. In: *Italian Journal of Agronomy* [online]. 2022, 17(4), 515-526 [citat 10.01.2025]. ISSN 2039-6805. Disponibil: DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2022.2129>
 183. FONTANA, Mario., et al. Long-term K fertilization effects on soil available, grain yield, and plant K critical value in winter wheat. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2022, vol. 123, nr. 3, pp. 63-82. ISSN 1385-1314.
 184. GOOGLE EARTH PRO. Version 7.3.6.9796 [software]. 02 Февраля 2024 [citat 22.02.2024]. Disponibil: <https://google-earth-pro.softonic.ru/>
 185. GRANSEE, Andreas. Redesigning potassium nutrient management. In: *New Ag International*. 2017, march/april, pp. 74-79.
 186. GROENEVELD, M., GRUNWALD, D., PIEPHO, H-P., KOKH, H-J. Crop rotation and sowing date effects on yield of winter wheat. In: *The Journal of Agricultural Science*. 2024, vol. 162, nr. 2, pp. 139-149. ISSN 0021-8596.
 187. HETEA, Denisa Cristiana, CRISTA, F., IMBREA, F. Assessment of protein content based on the interaction between nitrogen level of fertilization and winter wheat variety cultivated at Dudeștii Noi, an important agricultural area of Romania. In: *Research Journal of Agricultural Science*, 2024, vol. 56, nr. 1, pp. 202-211. ISSN 2668-926X.
 188. INDOITU, D. Some agrochemical properties of carbonate chernozem and different soil use. In: *Life sciences in the dialogue of generations: Connections between Universities, Academia and Business Community*, Ed. 2, September 29-30, 2022, Chișinău, Chisinau, Republic Moldova: USM, 2022, p. 177. ISBN 978-9975-159-80-7.
 189. JORDAN-MEILLE, L., DENOROY, P., CARRÉ M. Comparaison des approches du raisonnement des fertilizations N-P-K parmi des pays voisins de la France [online]. *Comité Français d'Étude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée*, juillet 2021 [citat

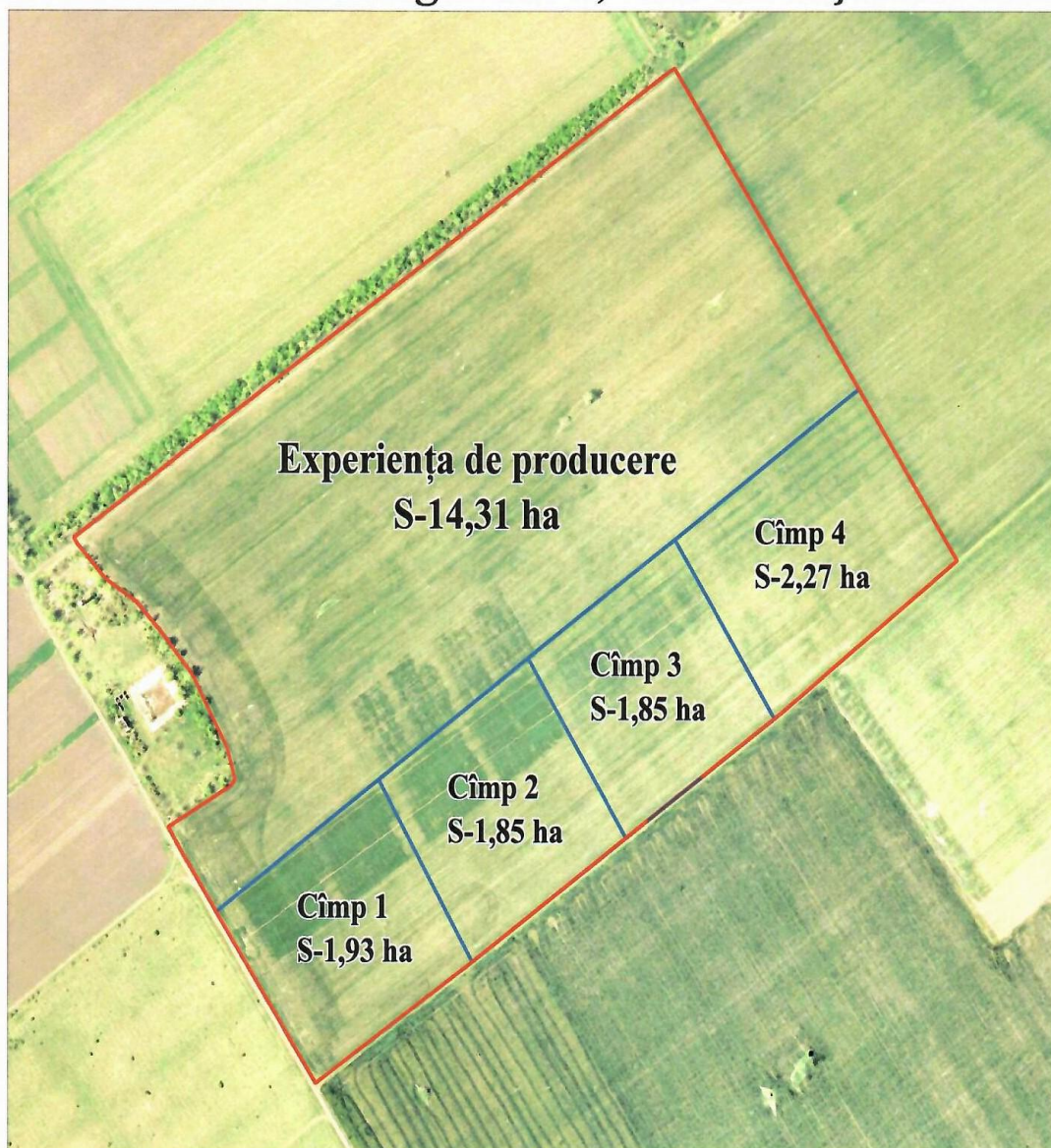
- 07.01.2025]. Disponibil: <https://comifer.asso.fr/wp-content/uploads/2023/03/Rapport-Parangonnage-Final.pdf>
190. LEAH, Tamara. Sustainable management of land resources in the context of agricultural policy in the Republic of Moldova. In: *International symposium "Agrarian Economy and Rural Development - Trends and Challenges*. Bucharest: 2022, vol. 13, pp. 207-213. ISSN 2972-1741.
 191. ODED, Achilea. Central and Eastern Europe: focus on agriculture in 19 countries. In: *New Ag International*. 2014, march., pp. 50-61.
 192. PANDEY, M., SHRESTHA, J., SUBEDI, S., SHAH, K., K. Role of nutrients in wheat: A review. In: *Tropical Agrobiodiversity* [online]. 2020, 1(1), 18-23 [citat 09.01.2025]. ISSN 2716-7046. Disponibil: DOI: <http://doi.org/10.26480/trab.01.2020.18.23>
 193. PINTILIE, Andreea-Sabina et al. The influence of fertilization on the yield and quality of some romanian winter wheat varieties under the conditions of central Moldova. In: *Agriculture for Life, Life for Agriculture. Scientific papers. Series A. Agronomy*. 2023, vol. LXVI, nr. 2, pp. 346-349. ISSN 2285-5785.
 194. RODRIGUEZ-EUGENIO, N., McLAUGHLIN, M., PENNOK, D. *Soil polution: a hidden reality*. Rome: FAO, 2018. 142 p. ISBN 978-92-5-130505-8.
 195. *Soil as World Heritage: inter. sc. symp. 22–23 may 2012*, Balti. Springer. 2014, 502 p. ISBN 978-94-007-6186-5.
 196. *Status of the World's Soil Resources*. Rome: FAO and ITPS, 2015. pp. 561-562, 571-572. ISBN 978-92-5-109004-6.
 197. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)-Managing systems at risk*. London: Earthscan, 2011. 285 p. ISBN 978-92-5-106614-0.
 198. TMUŠIĆ, N., ĆIRIĆ, S., NIKOLIĆ, K., KNEŽEVIĆ, J., RAJIČIĆ, V. Effects of different fertilization treatments on the yield performance, yield parameters and grain quality of winter wheat grown on vertisol soil type. In: *Applied Ecology and Environmental Research*. 2021, vol. 19, nr. 6, pp. 4611-4627. ISSN 1589-1623.
 199. *UnitConverters.net: Web Site Free Online Converters*. Maple Tech. International LLC, ©2008 [citat 12.03.2023]. Disponibil: <https://www.unitconverters.net/>
 200. WHALEN, Joann K. et al. Soil nutrient cycling. In: KRZIC, M. et al. eds. *Digging into Canadian soils: An introduction to soil science*, [online]. Pinawa, MB: 2021, 234-248 [citat 12.01.2025]. Disponibil: <https://openpress.usask.ca/soilscience/>
 201. *World food and agriculture – statical yearbook 2020*. Rome: FAO, 2020. 351 p. ISBN 978-92-5-133394-5.

202. BUSCH, George. L'azote. In: *Journal Cultivar*, 1983, nr. 162, pp. 34-35. ISSN 31240.
203. LIEBIG, Justus von. *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* [online]. Braunschweig: 3.unveranderte Abdruck, 1841 [citat 05.02.2025]. Disponibil: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/42117>
204. WHALTER, U. Einfluss des Mineralstickstoffgehaltes des Badens und der N-Düngung auf den Ertrag und die Ertrasstruktur von Winter-Weizen. In *Journich Mitt. Schweiz. Landwirstch.* 1983, vol. 31, nr. 2, pp. 102-112. ISSN 25610.
205. КУПЧИК, В.І. та ін. *Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості*. Київ: Кондар, 2007. с. 63-79. ISBN 978-966-351-103-0.
206. МЕДВЕДЕВ, В.В., ПЛІСКО, І.В., БІЧУН, О.М. *Інвестиційна привабливість орних земель України*. Харків: Смугаста типографія, 2014. с. 75-98. ISBN 978-617-7188-67-3.
207. НАЗАРЕНКО, І.І., ПОЛЬЧИНА, С.М., НІКОРИЧ, В.А. *Грунтознаство*. Чернівці: Книги-XXI, 2008. с. 72-76. ISBN 978-966-2147-29-2.
208. Сендецкий, В.М. *Солома та інші пожнивні рештки-органічне добриво для підвищення родюгості ґрунтів*. Івано-Франківськ: Симфонія Форте, 2014. 92 с.
209. СОЛОДУШКО, М. М. Вологозабезпеченість та урожайність пшениці озимої залежно від попередників у зоні північного степу. В: *Зернові культури*. 2024, Том. 8, № 1, с. 84-91. ISSN 2523-4544.

ANEXE

Anexa 1. Schema generală a experienței [184]

Stațiunea Experimentală de Agrochimie din s. Grigorievca, r-nul Căușeni



Anexa 2. Schema experienței, variantelor și planul amplasării câmpurilor

1. Schema generală a experienței

P _{3,5}	P ₃₀₀	N ₁₈₀	K ₁₂₀	16
	P ₃₀₀	N ₉₀	K ₆₀	15
	P ₃₀₀	N ₃₀	K ₆₀	14
	P ₃₀₀	N ₁₂₀	K ₆₀	13
	P ₃₀₀	N ₁₈₀	K ₆₀	12
	P ₃₀₀	N ₆₀	K ₆₀	11
	P ₃₀₀	N ₀	K ₆₀	10
P _{4,5}	P ₄₂₀	N ₁₂₀	K ₆₀	9
P _{4,0}	P ₃₆₀	N ₁₂₀	K ₆₀	8
P _{3,5}	P ₃₀₀	N ₁₂₀	K ₆₀	7
P _{3,0}	P ₂₄₀	N ₁₂₀	K ₆₀	6
P _{2,5}	P ₁₈₀	N ₁₂₀	K ₆₀	5
P _{2,0}	P ₁₂₀	N ₁₂₀	K ₆₀	4
P _{1,5}	P ₆₀	N ₁₂₀	K ₆₀	3
P _{1,0}	P ₀	N ₁₂₀	K ₆₀	2
	Martor			1

2. Amplasarea randomizată a variantelor

2	2
16	9
15	8
14	7
13	6
12	5
11	4
10	3
9	16
8	15
7	14
6	13
5	12
4	11
3	10
Martor	Martor
Drum	Drum
16	9
15	8
14	7
13	6
12	5
11	4
10	3
9	16
8	15
7	14
6	13
5	12
4	11
3	10
2	2
Martor	Martor
Drum	Drum

3. Planul amplasării câmpurilor

		nr. 4
câmp		
4 m		
		nr. 3
câmp		
4 m		
		nr. 2
câmp		
4 m		
rep. II	↔ 2 m	nr. 1 rep. III
câmp rep. I		rep. IV
↕	4 m	

Anexa 3. Caracteristicile meteorologice în anii agricoli 2014–2018

Tabelul A 3.1. Indicii agrometeorologici medii în anii agricoli 2014–2018 (conform datelor stației meteorologice Căușeni)

Indicii agrometeorologici	Media 2014-2017				Media 2015-2018						Suma		Anul agricol
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	09. 2014 03. 2018	04. 2015 06. 2018	
Precipitații lunare, mm	16,5	56,8	71,8	29,3	40,3	25,8	48,0	45,5	42,8	78,3	288,3	166,5	454,8
Medii lunare multianuale, mm	40,0	26,5	41,5	37,0	28,0	32,0	24,0	33,0	47,5	72,8	229,0	153,3	382,3
Abateri față de mediile multianuale, %	41	214	173	79	144	80	200	138	90	108	126	109	119
Temperaturi lunare ale aerului, °C	19,2	9,8	5,3	1,6	-2,3	1,7	5,4	12,1	17,0	21,6	5,8	16,9	11,3
Medii lunare multianuale, °C	16,3	10,0	4,3	-0,2	-2,9	-1,5	2,9	10,2	16,2	19,8	4,1	15,4	9,8
Abateri față de mediile multianuale, °C	2,9	-0,2	1,0	1,8	0,6	3,2	2,6	1,9	0,8	1,8	1,7	1,5	1,6
Umidități relative ale aerului, %	60	71	79	76	82	80	75	67	63	64	75	65	70

Tabelul A 3.2. Precipitații medii la stația meteorologică Căușeni în anii 2014–2018, mm

Perioada	Luna	Precipitații medii lunare	Precipitații medii lunare multianuale	Abatere față de medie	Precipitații 2014-2018		Ecartul de variație
					minime	maxime	
2014-2018	Ianuarie	44,4	28,0	+16,4	31	62	31
	Februarie	22,0	32,0	-10,0	7	39	32
	Martie	41,8	24,0	+17,8	11	78	67
	Aprilie	38,2	32,8	+5,4	0	111	111
	Mai	47,0	47,6	-0,6	21	64	43
	Iunie	76,2	72,8	+3,4	41	133	92
	Iulie	61,2	57,8	+3,4	1	132	131
	August	16,6	49,0	-32,4	11	26	15
	Septembrie	22,2	40,0	-17,8	9	45	36
	Octombrie	45,8	26,4	+19,4	2	84	82
	Noiembrie	63,0	41,0	+22,0	28	114	86
	Decembrie	25,4	37,0	-11,6	2	58	56
Suma medie de precipitații 2014-2018		454,8	382,3	+72,5	0	133	133
Suma medie anuală		503,8	488,4	+15,4	0	133	133

Tabelul A 3.3. Temperaturi medii la stația meteorologică Căușeni în anii 2014–2018, °C

Perioada	Luna	Temperatura medie lunară	Temperatura medie lunară multianuală	Abatere față de medie	Temperatura minimă absolută	Temperatura maximă absolută	Temperatura 2014-2018		Ecartul de variație
							minimă	maximă	
2014-2018	Ianuarie	-2,0	-2,9	-0,9	-28	15	-4,4	-0,3	-4,1
	Februarie	1,4	-1,5	+2,9	-30	19	-1,3	5,5	6,8
	Martie	6,0	2,9	+3,1	-20	27	1,4	8,2	6,8
	Aprilie	12,1	10,2	+1,9	-9	32	9,3	14,5	5,2
	Mai	16,9	16,2	+0,7	-3	36	15,6	18,7	3,1
	Iunie	21,1	19,8	+1,3	3	37	19,4	22,1	2,7
	Iulie	23,2	21,8	+1,4	7	39	22,2	24,1	1,9
	August	23,9	21,1	+2,8	6	39	23,3	24,7	1,4
	Septembrie	18,9	16,3	+2,6	-2	35	17,8	20,8	3,0
	Octombrie	10,4	10,0	+0,4	-16	33	8,4	13,0	4,6
	Noiembrie	4,8	4,3	+0,5	-18	27	2,8	7,5	4,7
	Decembrie	1,2	-0,1	+1,3	-23	17	-0,6	3,9	4,5
Temperatura medie 2014-2018		11,3	9,8	+1,5	-30	37	-4,4	22,1	26,5
Temperatura anuală		11,5	9,8	+1,7	-30	39	-4,4	24,7	29,1

Tabelul A 3.4. Temperaturi medii ponderate la stația meteorologică Căușeni în anii agricoli 2014–2018, °C

Luna	Anul agricol 2014-2015		Temperatura medie ponderată	Anul agricol 2015-2016		Temperatura medie ponderată	Anul agricol 2016-2017		Temperatura medie ponderată	Anul agricol 2017-2018		Temperatura medie ponderată
	Temp. medie lunară	Nr. zile ciclu		Temp. medie lunară	Nr. zile ciclu		Temp. medie lunară	Nr. zile ciclu		Temp. medie lunară	Nr. zile ciclu	
Ianuarie	-0,3	31	-9,3	-3,7	31	-114,7	-4,4	31	-136,4	-0,9	31	-27,9
Februarie	2,1	28	58,8	5,5	29	159,5	0,4	28	11,2	-1,3	28	-36,4
Martie	5,8	31	179,8	6,7	31	207,7	7,7	31	238,7	1,4	31	43,4
Aprilie	11,0	30	330,0	13,6	30	408,0	9,3	30	279,0	14,5	30	435,0
Mai	17,4	31	539,4	15,6	31	483,6	16,1	31	499,1	18,7	31	579,7
Iunie	21,3	30	639,0	21,7	30	651,0	21,1	30	633,0	22,1	30	663,0
Iulie	24,1	1	24,1	23,4	13	304,2	22,2	7	155,4	23,0	5	115,0
Octombrie	-	-	-	10,0	1	10,0	8,4	17	142,8	10,8	5	54,0
Noiembrie	4,3	19	129,0	7,5	30	225,0	3,9	30	117,0	5,6	30	168,0
Decembrie	0,6	31	18,6	2,6	31	80,6	-0,6	31	-18,6	3,9	31	120,9
Media anilor agricoli	Ciclu de vegetație grâu de toamnă	232	8,0	Ciclu de vegetație grâu de toamnă	257	9,4	Ciclu de vegetație grâu de toamnă	266	7,2	Ciclu de vegetație grâu de toamnă	252	8,4

Notă: Temp. medie lunară – temperatura medie lunară; Nr. zile ciclu – numărul lunar de zile într-un ciclu de vegetație.

Tabelul A 3.5. Valorile medii climatice și indicii agroclimatici specifici

Anul	2014					
Luna	Precipitații	Temperatura	Umiditatea relativă	Evaporabilitatea	Indicele Ivanov	Indicele Martonne
	mm	°C	%	mm		
Ianuarie	61	-0,5	72	30	-	77,1
Februarie	7	0,2	70	34		8,2
Martie	17	8,2	72	56		11,2
Aprilie	9	12,0	64	89		4,9
Mai	64	16,7	60	125		28,8
Iunie	68	19,4	76	85		27,8
Iulie	14	23,3	61	164		5,0
August	12	23,7	65	149		4,3
Septembrie	16	18,3	55	152		6,8
Octombrie	29	9,9	71	64		17,5
Noiembrie	114	4,3	85	23		95,7
Decembrie	50	0,6	69	37		56,6
Anual	461	11,3	68	1008	0,46	21,6
2015						
Ianuarie	31	-0,3	76	26	-	38,4
Februarie	29	2,1	79	28		28,8
Martie	64	5,8	75	43		48,6
Aprilie	41	11,0	65	82		23,4
Mai	21	17,4	63	120		9,2
Iunie	47	21,3	61	150		18,0
Iulie	42	24,1	59	178		14,8
August	11	24,7	53	209		3,8
Septembrie	18	20,8	60	151		7,0
Octombrie	66	10,0	70	66		39,6
Noiembrie	76	7,5	74	49		52,1
Decembrie	2	2,6	78	30		1,9
Anual	448	12,3	68	1132	0,40	20,1
2016						
Ianuarie	62	-3,7	84	13	-	118,1
Februarie	9	5,5	83	28		7,0
Martie	39	6,7	72	51		28,0
Aprilie	30	13,6	70	80		15,3
Mai	50	15,6	71	86		23,4
Iunie	92	21,7	70	118		34,8
Iulie	1	23,4	60	169		0,4
August	18	23,3	56	185		6,5
Septembrie	23	18,6	63	127		9,7
Octombrie	84	8,4	67	66		54,8
Noiembrie	51	3,9	73	41		44,0
Decembrie	7	-0,6	73	29		8,9
Anual	466	11,4	70	992	0,47	21,8

Continuare tabelul A 3.5

Anul	2017					
Luna	Precipitații	Temperatura	Umiditatea relativă	Evaporabilitatea	Indicele Ivanov	Indicele Martonne
	mm	°C	%	mm		
Ianuarie	29	-4,4	85	11	-	62,1
Februarie	26	0,4	78	26		30,0
Martie	11	7,7	72	54		7,5
Aprilie	111	9,3	69	66		69,0
Mai	61	16,1	63	113		28,0
Iunie	133	21,1	63	142		51,3
Iulie	117	22,2	56	176		43,6
August	26	23,5	53	199		9,3
Septembrie	9	19,0	62	132		3,7
Octombrie	48	10,8	74	60		27,7
Noiembrie	46	5,6	82	30		35,4
Decembrie	58	3,9	84	24		50,1
Anual	675	11,3	70	1033	0,65	31,7
2018						
Ianuarie	39	-0,9	81	20	-	51,4
Februarie	39	-1,3	79	21		53,8
Martie	78	1,4	82	23		82,1
Aprilie	0	14,5	65	98		0
Mai	39	18,7	56	151		16,3
Iunie	41	22,1	61	156		15,3
Iulie	132	23,0	68	133		48,0
August	16	24,2	50	218		5,6
Septembrie	45	17,8	64	119		19,4
Octombrie	2	13,0	66	88		1,0
Noiembrie	28	2,8	82	25		26,3
Decembrie	10	-0,6	82	19		12,8
Anual	469	11,2	70	1071	0,44	22,1
Media 2014-2018						
Ianuarie	44,4	-2,0	80	19	-	66,3
Februarie	22,0	1,4	78	28		23,2
Martie	41,8	6,0	75	44		31,4
Aprilie	38,2	12,1	67	83		20,8
Mai	47,0	16,9	63	118		21,0
Iunie	76,2	21,1	66	129		29,4
Iulie	61,2	23,2	61	164		22,1
August	16,6	23,9	55	192		5,9
Septembrie	22,2	18,9	61	136		9,2
Octombrie	45,8	10,4	70	69		26,9
Noiembrie	63,0	4,8	79	33		51,0
Decembrie	25,4	1,2	77	28		27,3
Medie	503,8	11,5	69	1043	0,48	23,4

Tabelul A 3.6. Caracteristica secetelor în raport cu cantitatea de precipitații multianuale

Anul agricol	Precipitații medii lunare, mm	Precipitații medii lunare multianuale, mm	% față de normă	Tipul de secetă	Tipul secetei
Repaus vegetativ					
2014-2015	333	229	145	foarte umedă	umedă
2015-2016	272	231	118	umed moderată	
2016-2017	231	230	100	normală	
2017-2018	317	226	140	foarte umedă	
Media 2014-2018	288,3	229,0	126	umedă	
Vegetație activă					
2014-2015	109	154	71	puternică	normală
2015-2016	172	154	112	umed moderată	
2016-2017	305	153	199	foarte umedă	
2017-2018	80	152	53	foarte puternică	
Media 2014-2018	166,5	153,3	109	normală	
Total ani agricoli					
2014-2015	442	383	115	umed moderată	umed moderată
2015-2016	444	385	115	umed moderată	
2016-2017	536	383	140	foarte umedă	
2017-2018	397	378	105	normală	
Media 2014-2018	454,8	382,3	119	umed moderată	
Anii					
2014	461	487	95	normală	normală
2015	448	492	91	normală	
2016	466	492	95	normală	
2017	675	486	139	foarte umedă	
2018	469	485	97	normală	
Media 2014-2018	503,8	488,4	103	normală	

Tabelul A 3.7. Repartiția valorilor medii climatice anuale pe anotimpuri la stația meteorologică Căușeni în anii 2014–2018

Anotimpul	Valorile climatice	Anul					Media 2014-2018
		2014	2015	2016	2017	2018	
Toamna (120-130) mm (10,0...+10,5) °C	Precipitații medii lunare, mm	159	160	158	103	75	131
	Abateri față de medie, %	147	146	145	98	71	122
	Medii multianuale, mm	108,0	109,5	108,7	104,6	105,3	107,2
	Temperaturi medii lunare, °C	10,8	12,7	10,3	11,8	11,2	11,4
	Abateri față de medie, °C	0,6	2,5	0,1	1,5	1,0	1,2
	Medii multianuale, °C	10,2	10,2	10,2	10,3	10,2	10,2
Iarna (90-100) mm (-1,0...-0,5) °C	Precipitații medii lunare, mm	110	73	62	136	81	96
	Abateri față de medie, %	113	76	64	140	83	99
	Medii multianuale, mm	97,2	96,7	97,3	97,1	97,4	97,1
	Temperaturi medii lunare, °C	0,8	1,5	-1,5	0,6	-0,2	0,2
	Abateri față de medie, °C	2,3	3,1	0	0,9	-1,3	1,7
	Medii multianuale, °C	-1,5	-1,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
Primăvara (100-120) mm (10,0...+10,5) °C	Precipitații medii lunare, mm	90	126	119	183	117	127
	Abateri față de medie, %	86	120	113	176	113	122
	Medii multianuale, mm	104,2	105,1	105,3	104,1	103,9	104,5
	Temperaturi medii lunare, °C	12,3	11,4	12,0	11,0	11,5	11,6
	Abateri față de medie, °C	2,5	1,6	2,2	1,2	1,7	1,8
	Medii multianuale, °C	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Vara (160-180) mm (21,0...+21,5) °C	Precipitații medii lunare, mm	94	100	111	276	189	154
	Abateri față de medie, %	53	55	62	154	105	86
	Medii multianuale, mm	177,9	180,4	180,4	179,8	179,4	179,6
	Temperaturi medii lunare, °C	22,1	23,4	22,8	22,2	23,1	22,7
	Abateri față de medie, °C	1,2	2,4	2,0	1,2	2,1	1,8
	Medii multianuale, °C	20,9	21,0	20,8	21,0	21,0	20,9

Tabelul A 3.8. Calculul parametrilor statistici ai precipitațiilor la stația meteorologică Căușeni în anii 2014–2018

Anul	X, mm	X _i , mm	Abatere față de medie, mm	σ^2 , mm	σ , mm	CV, mm	S _x , mm	P, %	Z
Ianuarie									
2014	61	28	+33	1089	-	-	-	-	-0,681
2015	31	28	+3	9					0,550
2016	62	28	+34	1156					-0,722
2017	29	28	+1	1					0,632
2018	39	28	+11	121					0,222
Media 2014-2018	44,4	28,0	+16,4	594,00	24,37	0,55	10,90	24,55	0
Februarie									
2014	7	32	-25	625	-	-	-	-	0,849
2015	29	32	-3	9					-0,396
2016	9	32	-23	529					0,736
2017	26	32	-6	36					-0,226
2018	39	32	+7	49					-0,962
Media 2014-2018	22,0	32,0	-10,0	312,00	17,66	0,80	7,90	35,91	0
Martie									
2014	17	24	-7	49	-	-	-	-	0,704
2015	64	24	+40	1600					-0,631
2016	39	24	+15	225					0,080
2017	11	24	-13	169					0,875
2018	78	24	+54	2916					-1,028
Media 2014-2018	41,8	24,0	+17,8	1239,75	35,21	0,84	15,75	37,67	0
Aprilie									
2014	9	32	-23	529	-	-	-	-	0,662
2015	41	33	+8	64					-0,064
2016	30	33	-3	9					0,186
2017	111	33	+78	6084					-1,651
2018	0	33	-33	1089					0,866
Media 2014-2018	38,2	32,8	+5,4	1943,75	44,09	1,15	19,72	51,61	0
Mai									
2014	64	48	+16	256	-	-	-	-	-0,962
2015	21	48	-27	729	-	-	-	-	1,471
2016	50	48	+2	4	-	-	-	-	-0,170
2017	61	47	+14	196	-	-	-	-	-0,792
2018	39	47	-8	64	-	-	-	-	0,453
Media 2014-2018	47,0	47,6	-0,6	312,25	17,67	0,38	7,90	16,81	0

Continuare tabelul A 3.8

Anul	X, mm	X ₁ , mm	Abatere față de medie, mm	σ^2 , mm	σ , mm	CV, mm	S _x , mm	P, %	Z
Iunie									
2014	68	73	-5	25	-	-	-	-	0,219
2015	47	73	-26	676					0,779
2016	92	73	+19	361					-0,421
2017	133	73	+60	3600					-1,515
2018	41	72	-31	961					0,939
Media 2014-2018	76,2	72,8	+3,4	1405,75	37,49	0,49	16,77	22,00	0
Iulie									
2014	14	56	-42	1764	-	-	-	-	0,788
2015	42	58	-16	256					0,321
2016	1	59	-58	3364					1,005
2017	117	58	+59	3481					-0,932
2018	132	58	+74	5476					-1,182
Media 2014-2018	61,2	57,8	+3,4	3585,25	59,88	0,98	26,78	43,75	0
August									
2014	12	49	-37	1369	-	-	-	-	0,125
2015	11	49	-38	1444					0,153
2016	18	49	-31	961					-0,038
2017	26	49	-23	529					-0,256
2018	16	49	-33	1089					0,016
Media 2014-2018	16,6	49,0	-32,4	1348,00	36,72	2,21	16,42	98,91	0
Septembrie									
2014	16	40	-24	576	-	-	-	-	0,257
2015	18	40	-22	484					0,174
2016	23	40	-17	289					-0,033
2017	9	40	-31	961					0,546
2018	45	40	+5	25					-0,944
Media 2014-2018	22,2	40,0	-17,8	583,75	24,16	1,09	10,81	48,67	0
Octombrie									
2014	29	26	+3	9	-	-	-	-	0,438
2015	66	28	+38	1444					-0,527
2016	84	26	+58	3364					-0,997
2017	48	26	+22	484					-0,057
2018	2	26	-24	576					1,143
Media 2014-2018	45,8	26,4	+19,4	1469,25	38,33	0,84	17,14	37,43	0

Continuare tabelul A 3.8

Anul	X, mm	X _i , mm	Abatere față de medie, mm	σ^2 , mm	σ , mm	CV, mm	S _x , mm	P, %	Z
Noiembrie									
2014	114	42	+72	5184	-	-	-	-	-1,258
2015	76	42	+34	1156					-0,321
2016	51	43	+8	64					0,296
2017	46	39	+7	49					0,419
2018	28	39	-11	121					0,863
Media 2014-2018	63,0	41,0	+22,0	1643,50	40,54	0,64	18,13	28,78	0
Decembrie									
2014	50	37	+13	169	-	-	-	-	-0,836
2015	2	37	-35	1225					0,795
2016	7	37	-30	900,0					0,625
2017	58	37	21	441					-1,108
2018	10	37	-27	729,0					0,523
Media 2014-2018	25,4	37,0	-11,6	866,00	29,43	1,16	13,16	51,81	0
Ani agricoli (repaus vegetativ)									
2014-2015	333	229	+104	10816	-	-	-	-	-0,538
2015-2016	272	231	+41	1681					0,195
2016-2017	231	230	+1	1					0,688
2017-2018	317	226	+91	8281					-0,345
Media 2014-2018	288,3	229,0	+59,3	6926,33	83,22	0,29	41,61	14,44	0
Ani agricoli (vegetație activă)									
2014-2015	109	154	-45	2025	-	-	-	-	0,569
2015-2016	172	154	+18	324					-0,054
2016-2017	305	153	+152	23104					-1,371
2017-2018	80	152	-72	5184					0,856
Media 2014-2018	166,5	153,3	+13,3	10212,33	101,06	0,61	50,53	30,35	0
Total ani agricoli									
2014-2015	442	383	+59	3481	-	-	-	-	0,126
2015-2016	444	385	+59	3481					0,106
2016-2017	536	383	+153	23409					-0,803
2017-2018	397	378	+19	361					0,571
Media 2014-2018	454,8	382,3	+72,5	10244,00	101,21	0,22	50,61	11,13	0

Continuare tabelul A 3.8

Anul	X, mm	X ₁ , mm	Abatere față de medie, mm	σ^2 , mm	σ , mm	CV, mm	S _x , mm	P, %	Z
Anii									
2014	461	487	-26	676	-	-	-	-	0,432
2015	448	492	-44	1936					0,563
2016	466	492	-26	676					0,382
2017	675	486	+189	35721					-1,728
2018	469	485	-16	256,00					0,351
Media 2014-2018	503,8	488,4	+15,4	9816,25	99,08	0,20	44,31	8,79	0

Notă: **X** – valoarea medie sau precipitațiile medii lunare/anuale, mm; **X₁** – valoarea medie sau precipitațiile medii multianuale, mm. **Abatere față de medie** – $\pm$, abatere de la normă, mm; **σ^2** – devierea medie la pătrat, mm; **σ** – deviația standard, mm; **CV** – coeficientul de variație, mm; **S_x** – eroarea mediei aritmetice, mm; **P** – precizia mediei aritmetice, %; **Z** – valoarea standardizată sau scor Z cu eliminarea unităților de măsură și însumarea lor egală cu zero.

Tabelul A 3.9. Calculul parametrilor statistici ai temperaturii la stația meteorologică Căușeni în anii 2014–2018

Anul	X, °C	X ₁ , °C	Abatere față de medie, °C	σ^2 , °C	σ , °C	CV, °C	S _x , °C	P, %	Z
Ianuarie									
2014	-0,5	-2,9	-2,4	5,76	-	-	-	-	-0,663
2015	-0,3	-2,9	-2,6	6,76					-0,754
2016	-3,7	-2,9	+0,8	0,64					0,790
2017	-4,4	-2,9	+1,5	2,25					1,108
2018	-0,9	-2,9	-2,0	4,00					-0,481
Media 2014-2018	-2,0	-2,9	-0,9	4,85	2,20	-1,12	0,99	-50,26	0
Februarie									
2014	0,2	-1,5	+1,7	2,89	-	-	-	-	0,285
2015	2,1	-1,5	+3,6	12,96					-0,174
2016	5,5	-1,5	+7,0	49,00					-0,996
2017	0,4	-1,5	+1,9	3,61					0,237
2018	-1,3	-1,5	-0,2	0,04					0,648
Media 2014-2018	1,4	-1,5	+2,8	17,13	4,14	3,00	1,85	134,11	0
Martie									
2014	8,2	2,9	+5,3	28,09	-	-	-	-	-0,512
2015	5,8	2,9	+2,9	8,41					0,037
2016	6,7	2,8	+3,9	15,21					-0,169
2017	7,7	2,9	+4,8	23,04					-0,397
2018	1,4	2,8	-1,4	1,96					1,041
Media 2014-2018	6,0	2,9	+3,1	19,18	4,38	0,73	1,96	32,86	0

Continuare tabelul A 3.9

Anul	X, °C	X ₁ , °C	Abatere față de medie, °C	σ ² , °C	σ, °C	CV, °C	S _x , °C	P, %	Z
Aprilie									
2014	12,0	10,2	+1,8	3,24	-	-	-	-	0,027
2015	11,0	10,2	+0,8	0,64					0,366
2016	13,6	10,2	+3,4	11,56					-0,516
2017	9,3	10,2	-0,9	0,81					0,943
2018	14,5	10,2	+4,3	18,49					-0,821
Media 2014-2018	12,1	10,2	+1,9	8,69	2,95	0,24	1,32	10,91	0
Mai									
2014	16,7	16,2	+0,5	0,25	-	-	-	-	0,139
2015	17,4	16,2	+1,2	1,44					-0,347
2016	15,6	16,2	-0,6	0,36					0,902
2017	16,1	16,2	-0,1	0,01					0,555
2018	18,7	16,2	+2,5	6,25					-1,249
Media 2014-2018	16,9	16,2	+0,7	2,08	1,44	0,09	0,64	3,81	0
Iunie									
2014	19,4	19,9	-0,5	0,25	-	-	-	-	0,942
2015	21,3	19,9	+1,4	1,96					-0,099
2016	21,7	19,5	+2,2	4,84					-0,318
2017	21,1	19,9	+1,2	1,44					0,011
2018	22,1	19,9	+2,2	4,84					-0,537
Media 2014-2018	21,1	19,8	+1,3	3,33	1,83	0,09	0,82	3,87	0
Iulie									
2014	23,3	21,8	+1,5	2,25	-	-	-	-	-0,058
2015	24,1	21,8	+2,3	5,29					-0,519
2016	23,4	21,7	+1,7	2,89					-0,115
2017	22,2	21,8	+0,4	0,16					0,577
2018	23,0	21,8	+1,2	1,44					0,115
Media 2014-2018	23,2	21,8	+1,4	3,01	1,73	0,07	0,78	3,34	0
August									
2014	23,7	21,1	+2,6	6,76	-	-	-	-	0,057
2015	24,7	21,1	+3,6	12,96					-0,260
2016	23,3	21,1	+2,2	4,84					0,184
2017	23,5	21,1	+2,4	5,76					0,120
2018	24,2	21,1	+3,1	9,61					-0,101
Media 2014-2018	23,9	21,1	+2,8	9,98	3,16	0,13	1,41	5,92	0

Continuare tabelul A 3.9

Anul	X, °C	X ₁ , °C	Abatere față de medie, °C	σ ² , °C	σ, °C	CV, °C	S _x , °C	P, %	Z
Septembrie									
2014	18,3	16,2	+2,1	4,41	-	-	-	-	0,189
2015	20,8	16,2	+4,6	21,16					-0,600
2016	18,6	16,2	+2,4	5,76					0,095
2017	19,0	16,5	+2,5	6,25					-0,032
2018	17,8	16,2	+1,6	2,56					0,347
Media 2014-2018	18,9	16,3	+2,6	10,04	3,17	0,17	1,42	7,50	0
Octombrie									
2014	9,9	10,0	-0,1	0,01	-	-	-	-	0,298
2015	10,0	10,0	0	0					0,240
2016	8,4	10,0	-1,6	2,56					1,156
2017	10,8	10,0	+0,8	0,64					-0,217
2018	13,0	10,0	+3,0	9,00					-1,477
Media 2014-2018	10,4	10,0	+0,4	3,05	1,75	0,17	0,78	7,50	0
Noiembrie									
2014	4,3	4,3	0	0	-	-	-	-	0,275
2015	7,5	4,3	+3,2	10,24					-1,415
2016	3,9	4,3	-0,4	0,16					0,486
2017	5,6	4,3	+1,3	1,69					-0,412
2018	2,8	4,3	-1,5	2,25					1,067
Media 2014-2018	4,8	4,3	+0,5	3,59	1,89	0,39	0,85	17,57	0
Decembrie									
2014	0,6	-0,1	+0,7	0,49	-	-	-	-	0,238
2015	2,6	-0,3	+2,9	8,41					-0,582
2016	-0,6	-0,1	+0,5	0,25					0,729
2017	3,9	-0,1	+3,8	14,44					-1,114
2018	-0,6	-0,1	+0,5	0,25					0,729
Media 2014-2018	1,2	-0,1	+1,7	5,96	2,44	2,07	1,09	92,52	0
Ani agricoli (repaus vegetativ)									
2014-2015	5,8	4,3	+1,5	2,20	-	-	-	-	0,028
2015-2016	7,1	4,3	+2,8	7,93					-0,588
2016-2017	4,4	4,3	+0,1	0,01					0,706
2017-2018	6,2	4,4	+1,8	3,24					-0,146
Media 2014-2018	5,9	4,3	+1,6	4,46	2,11	0,36	1,06	17,98	0
Ani agricoli (vegetație activă)									
2014-2015	13,9	12,3	+1,6	2,48	-	-	-	-	0,061
2015-2016	14,4	12,2	+2,2	4,95					-0,195
2016-2017	13,6	12,3	+1,3	1,56					0,220
2017-2018	14,2	12,3	+1,9	3,61					-0,085
Media 2014-2018	14,0	12,3	+1,7	4,20	2,05	0,15	1,02	7,32	0

Continuare tabelul A 3.9

Anul	X, °C	X ₁ , °C	Abatere față de medie, °C	σ^2 , °C	σ , °C	CV, °C	S _x , °C	P, %	Z
Total ani agricoli									
2014-2015	9,8	8,3	+1,5	2,34	-	-	-	-	0,045
2015-2016	10,8	8,2	+2,5	6,35	-	-	-	-	-0,402
2016-2017	9,0	8,3	+0,7	0,42	-	-	-	-	0,475
2017-2018	10,2	8,3	+1,9	3,42	-	-	-	-	-0,118
Media 2014-2018	9,9	8,3	+1,6	4,18	2,04	0,21	1,02	10,29	0
Anii									
2014	11,3	9,8	+1,5	2,25	-	-	-	-	0,078
2015	12,3	9,8	+2,4	5,88	-	-	-	-	-0,399
2016	11,4	9,8	+1,6	2,48	-	-	-	-	0,065
2017	11,3	9,9	+1,4	1,96	-	-	-	-	0,117
2018	11,2	9,8	+1,4	1,94	-	-	-	-	0,139
Media 2014-2018	11,5	9,8	+1,7	3,63	1,90	0,17	0,85	7,41	0

Notă: **X** – valoarea medie sau temperaturile medii lunare/anuale, °C; **X₁** – valoarea medie sau temperaturile medii multianuale, °C. **Abatere față de medie** – $\pm$, abatere de la normă, °C; **σ^2** – devierea medie la pătrat, °C; **σ** – deviația standard, °C; **CV** – coeficientul de variație, °C; **S_x** – eroarea mediei aritmetice, °C; **P** – precizia mediei aritmetice, %; **Z** – valoarea standardizată sau scor Z cu eliminarea unităților de măsură și însumarea lor egală cu zero.

Anexa 4. Dinamica masei vegetale verzi și uscate în fazele fenologice (înfrățire, ieșirea în pai, înspicare, înflorire, lapte-ceară, maturitate deplină)

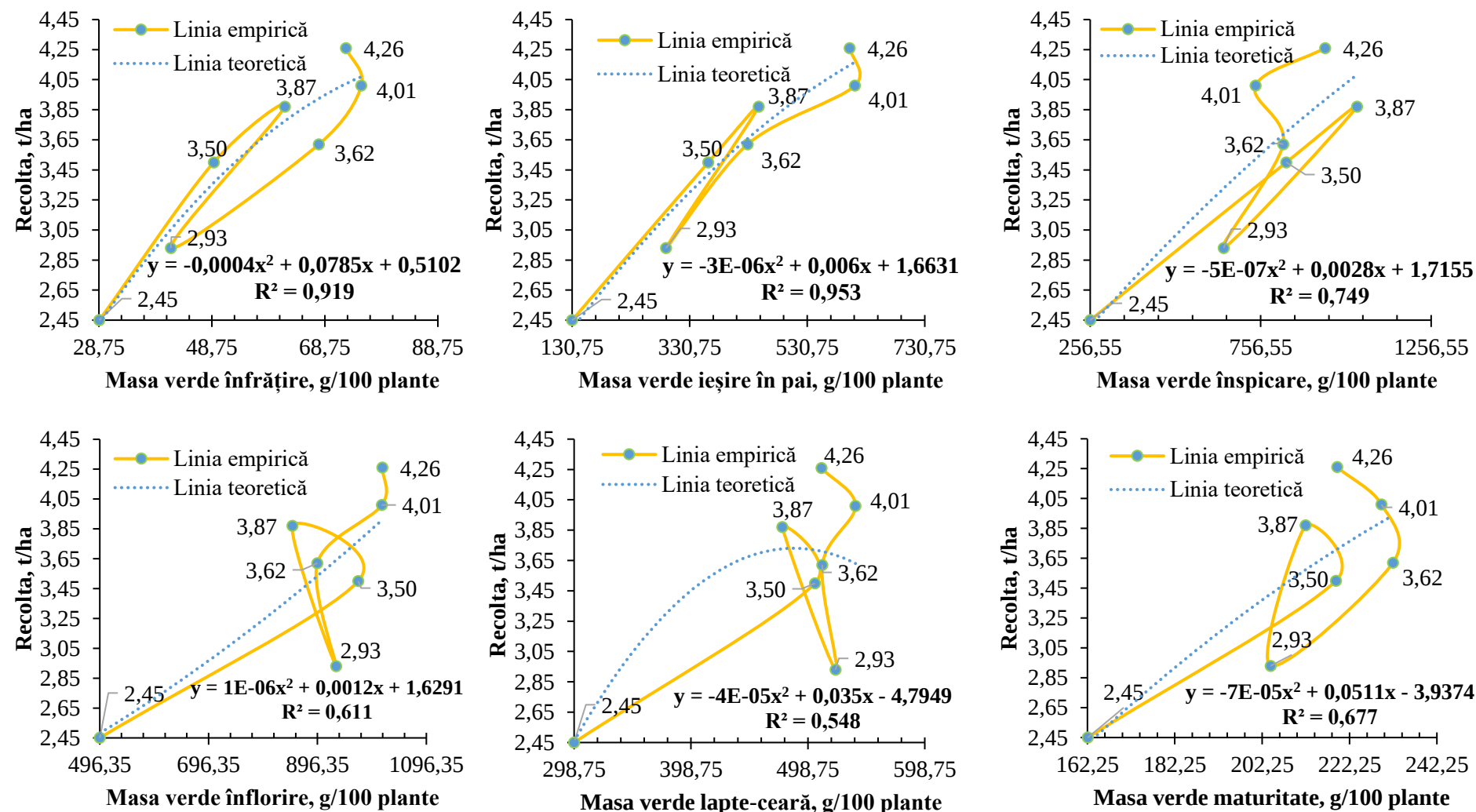


Figura A 4.1. Linia empirică și teoretică de regresie dintre recolta grâului de toamnă (Y, t/ha) și masa vegetală verde (X, g/100 plante)

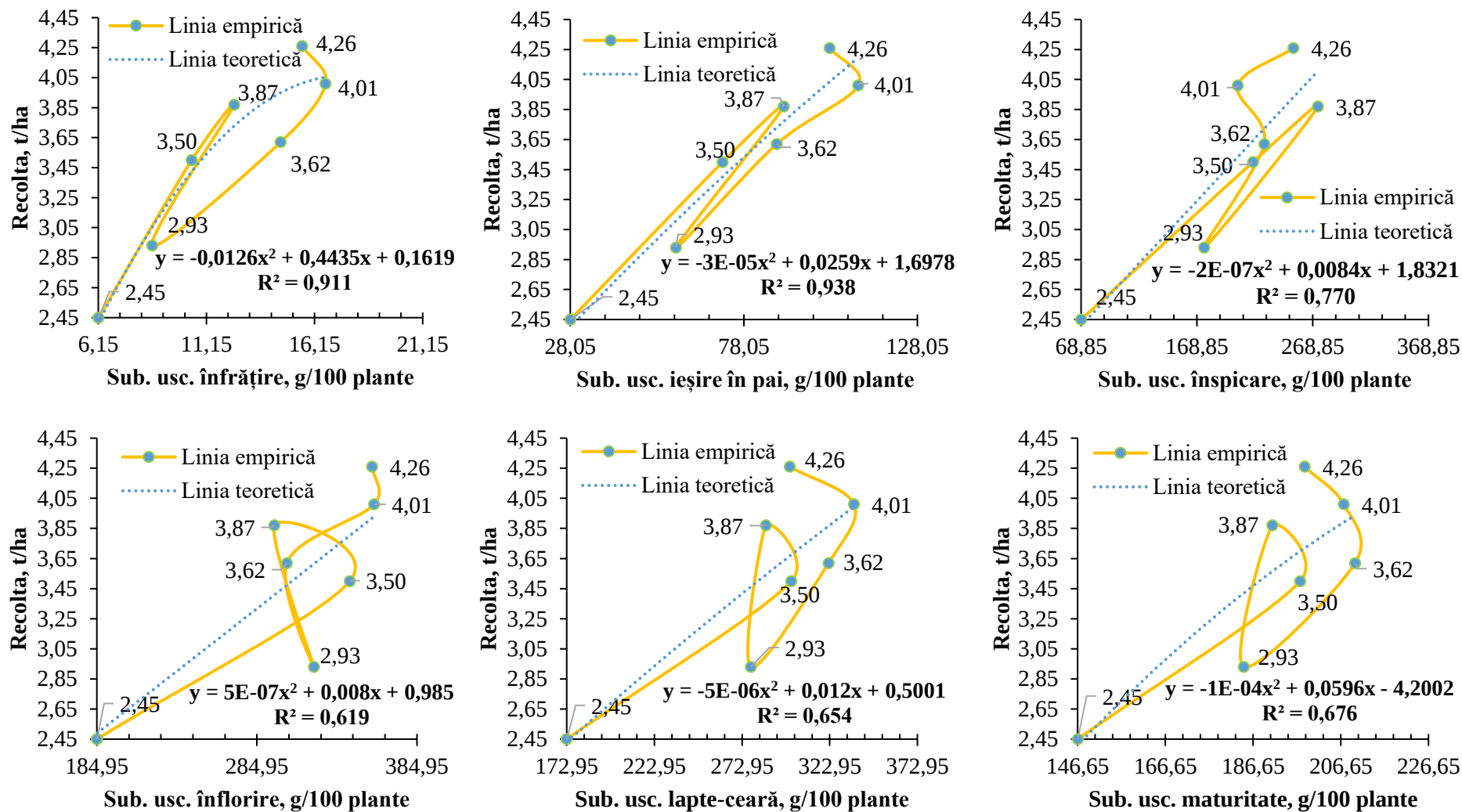


Figura A 4.2. Linia empirică și teoretică de regresie dintre recolta grâului de toamnă (Y, t/ha) și masa substanței uscate (X, g/100 plante)

Anexa 5. Conținutul, corelația și regresia liniară a azotului, fosforului și potasiului total în organele grâului de toamnă

Tabelul A 5.1. Conținutul mediu ponderat de azot, fosfor, potasiu total și raportul dintre elementele nutritive în diferite organe ale grâului de toamnă pe faze fenologice. Date medii pe anii 2014–2018

Faza fenologică	Varianta	Organul plantei	Conținutul, %			Raportul, %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Înfrățire	Martor	planta întreagă	3,64	0,59	3,10	50	8	42
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀		3,84	0,72	3,69	47	9	45
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀		3,86	0,76	3,30	49	10	42
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀		4,17	0,91	3,70	48	10	42
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀		4,08	0,96	3,50	48	11	41
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀		4,45	1,02	3,68	49	11	40
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀		4,17	1,01	3,83	46	11	43
Ieșire în pai	Martor	planta întreagă	2,95	0,59	3,94	39	8	53
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀		3,27	0,68	4,41	39	8	53
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀		3,34	0,71	4,45	39	8	52
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀		3,00	0,69	4,07	39	9	52
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀		3,28	0,62	4,09	41	8	51
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀		3,55	0,87	4,77	39	9	52
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀		3,52	0,84	4,49	40	9	51
Înspicare	Martor	paie	1,43	0,39	2,18	36	10	55
		spice	1,53	0,66	1,30	44	19	37
		Media ponderată	1,43	0,40	2,15	36	10	54
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	paie	1,73	0,38	2,35	39	9	53
		spice	1,74	0,67	1,21	48	18	34
		Media ponderată	1,73	0,40	2,26	39	9	51
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	paie	1,81	0,45	2,36	39	10	51
		spice	1,73	0,67	1,29	47	18	35
		Media ponderată	1,81	0,47	2,28	40	10	50
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,66	0,45	2,13	39	11	50
		spice	1,64	0,77	1,24	45	21	34
		Media ponderată	1,66	0,47	2,08	39	11	49
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,68	0,42	2,15	39	10	51
		spice	1,75	0,71	1,19	48	19	33
		Media ponderată	1,68	0,44	2,08	40	10	50
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,93	0,50	2,34	40	10	49
		spice	1,83	0,74	1,26	48	19	33
		Media ponderată	1,92	0,51	2,26	41	11	48
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	2,18	0,50	2,51	42	10	48
		spice	1,89	0,68	1,31	49	17	34
		Media ponderată	2,16	0,51	2,43	42	10	48
Înflorire	Martor	paie	1,39	0,28	1,66	42	8	50
		spice	1,78	0,67	1,01	52	19	29
		Media ponderată	1,48	0,37	1,51	44	11	45
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	paie	1,60	0,33	1,73	44	9	47
		spice	1,98	0,77	1,13	51	20	29
		Media ponderată	1,69	0,43	1,59	46	12	43

Continuare tabelul A 5.1

Faza fenologică	Varianta	Organul plantei	Conținutul, %			Raportul, %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Înflorire	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	paie	1,69	0,37	1,80	44	10	47
		spice	1,99	0,72	1,12	52	19	29
		Media ponderată	1,76	0,45	1,63	46	12	42
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,31	0,36	1,45	42	11	47
		spice	1,76	0,74	1,01	50	21	29
		Media ponderată	1,42	0,45	1,35	44	14	42
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,74	0,41	1,71	45	11	44
		spice	1,85	0,71	1,03	52	20	29
		Media ponderată	1,77	0,49	1,52	47	13	40
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,71	0,42	1,89	43	10	47
		spice	2,07	0,80	1,17	51	20	29
		Media ponderată	1,81	0,52	1,68	45	13	42
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,82	0,42	1,84	45	10	45
		spice	1,84	0,72	1,08	51	20	30
		Media ponderată	1,82	0,50	1,63	46	13	41
Lapte-ceară	Martor	paie	0,69	0,16	1,13	35	8	57
		spice	1,44	0,58	0,66	54	22	25
		Media ponderată	1,11	0,40	0,86	47	17	36
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	paie	0,87	0,15	1,33	37	6	57
		spice	1,74	0,54	0,66	59	18	22
		Media ponderată	1,38	0,38	0,94	51	14	35
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	paie	0,96	0,29	1,32	37	11	51
		spice	1,81	0,59	0,65	59	19	21
		Media ponderată	1,46	0,47	0,93	51	16	33
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	0,80	0,16	1,13	38	8	54
		spice	1,44	0,68	0,61	53	25	22
		Media ponderată	1,18	0,47	0,82	48	19	33
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	0,83	0,17	1,22	37	8	55
		spice	1,64	0,66	0,60	56	23	21
		Media ponderată	1,30	0,46	0,86	50	18	33
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,07	0,22	1,52	38	8	54
		spice	1,74	0,69	0,62	57	23	20
		Media ponderată	1,46	0,49	0,99	50	17	34
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,11	0,20	1,70	37	7	57
		spice	1,74	0,64	0,70	57	21	23
		Media ponderată	1,48	0,46	1,12	48	15	37
Maturitate deplină	Martor	paie	0,64	0,13	1,12	34	7	59
		pleavă	0,80	0,20	0,87	43	10	47
		boabe	1,74	0,71	0,47	60	24	16
		Media ponderată	1,05	0,34	0,85	47	15	38
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	paie	0,84	0,14	1,38	36	6	59
		pleavă	0,92	0,21	0,81	47	11	42
		boabe	1,75	0,75	0,50	58	25	17
		Media ponderată	1,27	0,42	0,88	49	16	34
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	paie	0,95	0,18	1,40	38	7	55
		pleavă	0,86	0,22	0,78	46	12	42
		boabe	1,95	0,76	0,47	61	24	15
		Media ponderată	1,37	0,44	0,89	51	16	33

Continuare tabelul A 5.1

Faza fenologică	Varianta	Organul plantei	Conținutul, %			Raportul, %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Maturitate deplină	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	0,74	0,17	1,23	35	8	57
		pleavă	0,73	0,24	0,70	44	14	42
		boabe	1,76	0,84	0,49	57	27	16
		Media ponderată	1,20	0,48	0,80	48	19	32
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	0,95	0,16	1,35	39	7	55
		pleavă	0,90	0,25	0,77	47	13	40
		boabe	1,84	0,83	0,49	58	26	15
		Media ponderată	1,33	0,46	0,88	50	17	33
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,13	0,20	1,58	39	7	54
		pleavă	1,08	0,29	0,71	52	14	34
		boabe	1,96	0,87	0,48	59	26	14
		Media ponderată	1,48	0,50	0,96	50	17	33
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	paie	1,04	0,23	1,69	35	8	57
		pleavă	1,01	0,29	0,74	49	14	36
		boabe	1,99	0,84	0,48	60	25	15
		Media ponderată	1,43	0,50	1,01	49	17	34

Tabelul A 5.2. Ecuatiile de regresie la determinarea conținutului de N_{total}, P_{total}, K_{total} în resturile vegetale partea aeriană (X, %) a grâului de toamnă conform recoltei principale (Y, t/ha), % din substanța uscată, anii agricoli 2014–2018

n = 7 și t_{teor} = 2,57

Nivelul de recoltă, t/ha	Precipitații, mm		Asigurarea cu umiditate a solului în stratul 1 m	Faza fenologică	Ecuatia de regresie	Coeficientul de corelație	Pătratul coef. de corelație	Criteriul de existență
	an agricol	vegetație activă						
2,45- 4,26	455	167	71,8-78,6 (mm) scăzute	Azotul total				
				Înfrățire	-2,5209X ² +21,7320X-42,961	0,644	0,414	<1,88
				Ieșire în pai	-2,4366X ² +18,4630X-30,696	0,978	0,956	10,47
				Înspicare	-2,7667X ² +12,5230X-9,853	0,952	0,907	6,98
				Înflorire	11,7840X ² -34,5700X+28,078	0,955	0,912	7,21
				Lapte-ceară	-3,6431X ² +13,6390X-8,141	0,967	0,935	8,49
				Maturitate	-2,3461X ² +10,1380X-5,668	0,971	0,943	9,10
				Fosforul total				
				Înfrățire	-4,8867X ² +10,6160X-1,866	0,696	0,484	<2,17
				Ieșire în pai	-15,2150X ² +27,0440X-7,891	0,791	0,626	2,89
				Înspicare	46,4900X ² +32,6050X+8,625	0,707	0,500	<2,24
				Înflorire	-30,6470X ² +37,8870X-7,342	0,842	0,720	3,58
				Lapte-ceară	133,860X ² -107,810X+24,772	0,547	0,299	<1,46
				Maturitate	-31,1300X ² +34,6600X-5,679	0,757	0,573	2,59
				Potasiul total				
				Înfrățire	-2,4896X ² +18,6280X-31,083	0,609	0,371	<1,72
				Ieșire în pai	-2,9433X ² +27,3160X-59,334	0,890	0,793	4,37
				Înspicare	4,8204X ² -18,0290X+19,722	0,716	0,513	<2,29
				Înflorire	16,2320X ² +44,9130X+33,921	0,789	0,622	2,87
				Lapte-ceară	-13,7770X ² +31,641X-13,878	0,812	0,660	3,11
				Maturitate	-13,1540X ² +31,449X-14,041	0,831	0,691	3,34

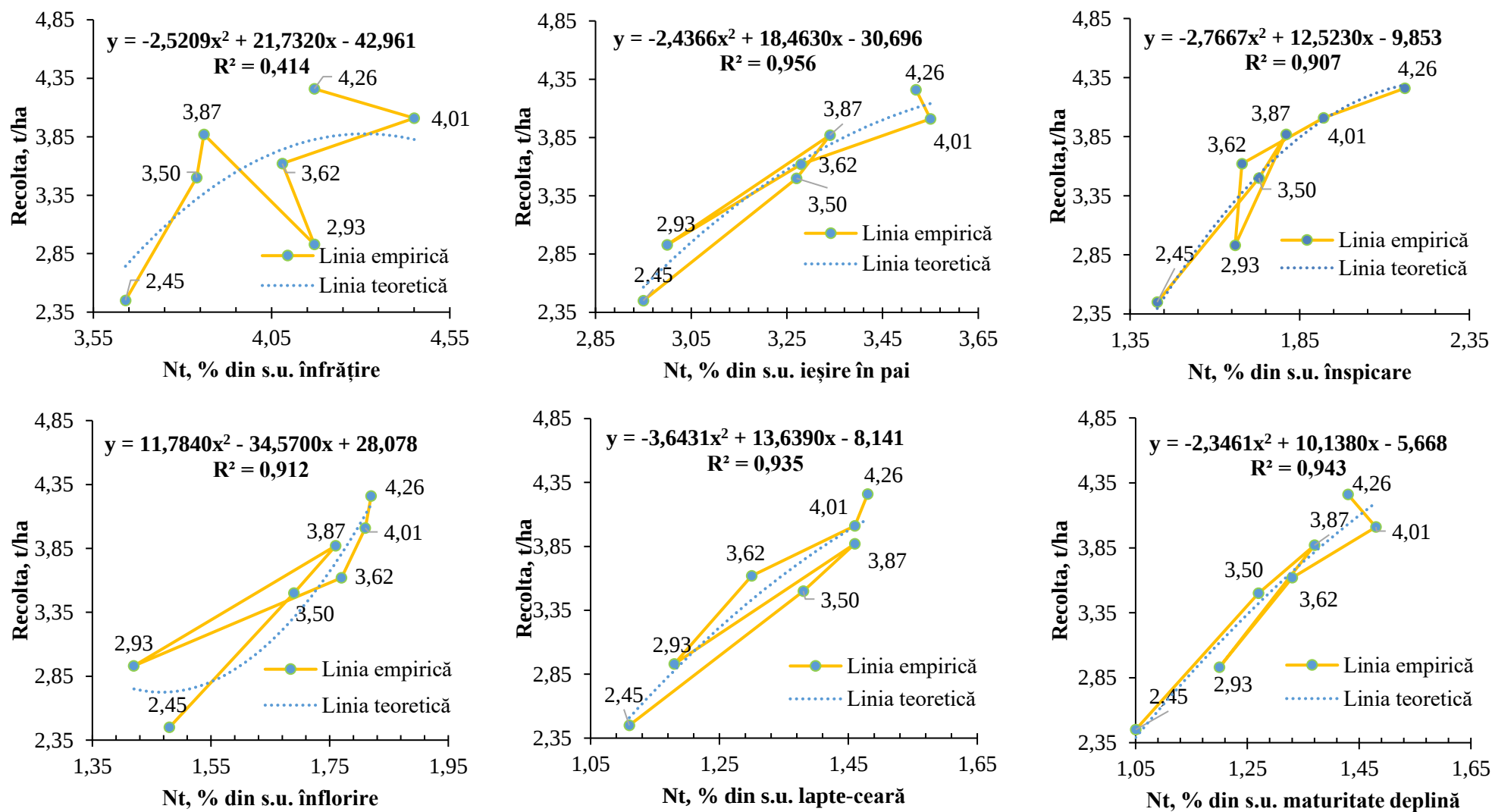


Figura A 5.1. Dependența cantitativă dintre recolta grâului de toamnă boabe (Y, t/ha) și conținutul de azot total (X, %) din substanța uscată în anii agricoli 2014–2018

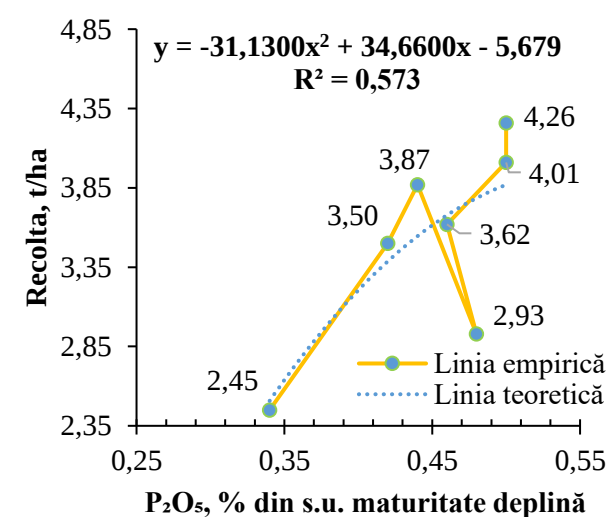
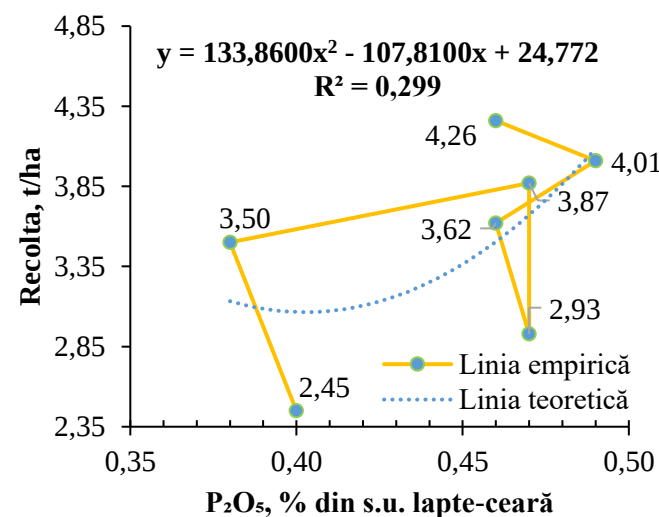
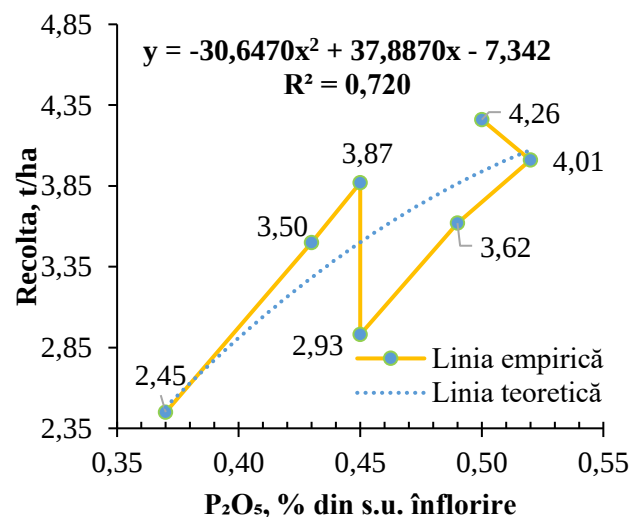
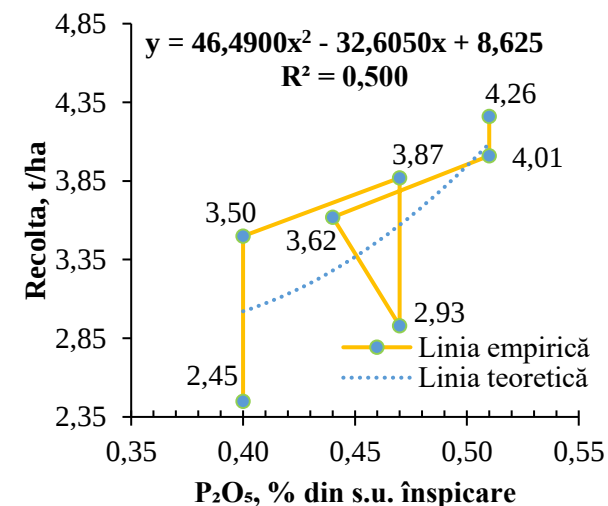
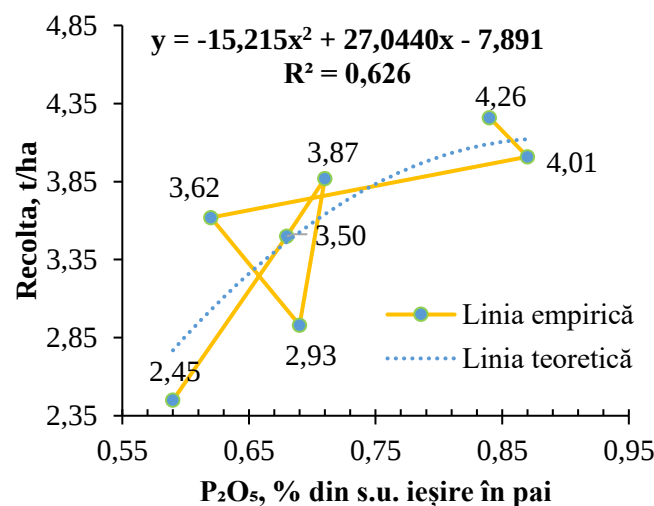
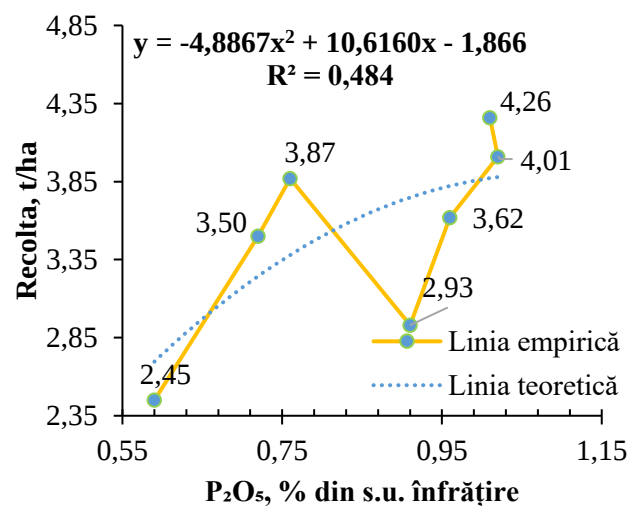


Figura A 5.2. Dependența cantitativă dintre recolta grâului de toamnă boabe (Y, t/ha) și conținutul de fosfor total (X, %) din substanța uscată în anii agricoli 2014–2018

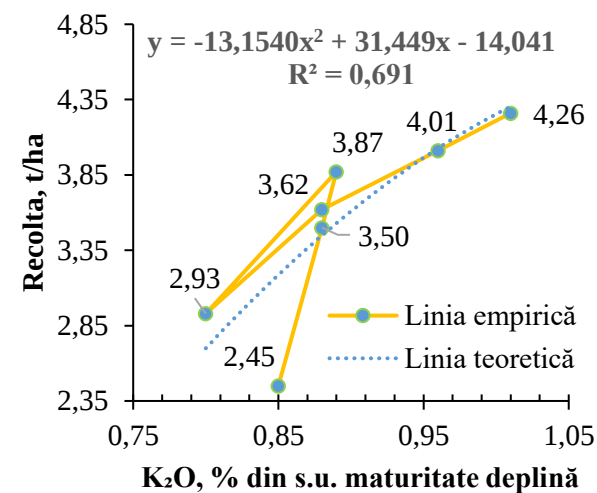
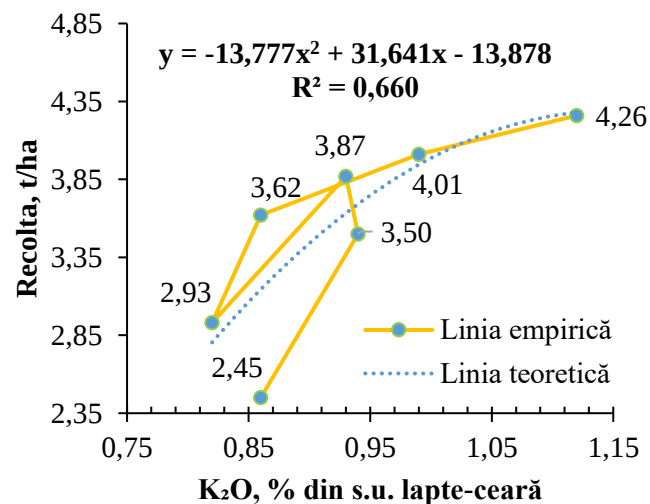
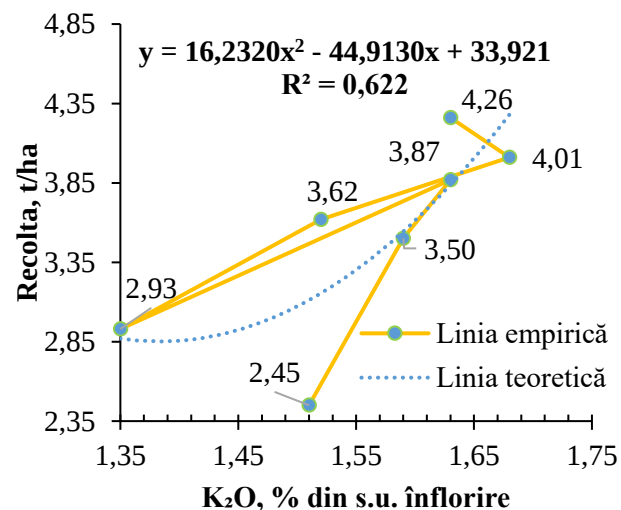
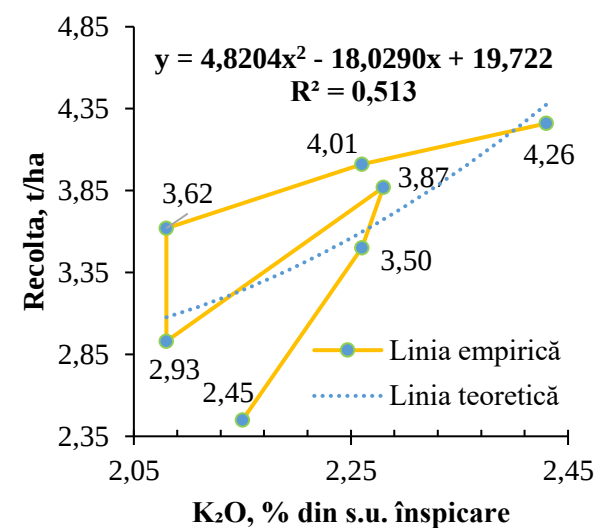
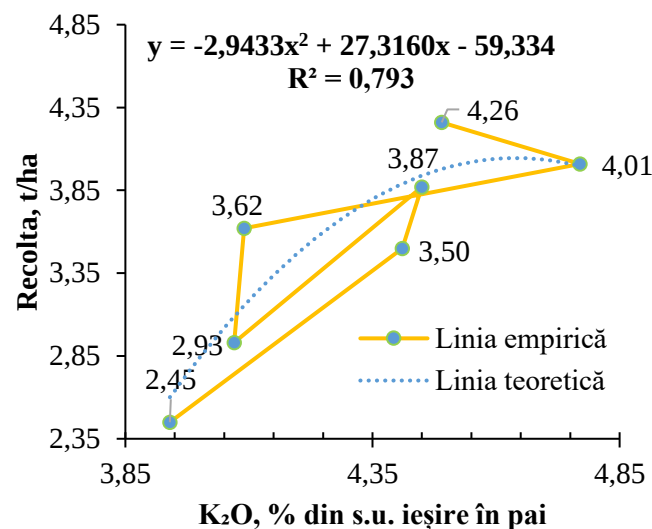
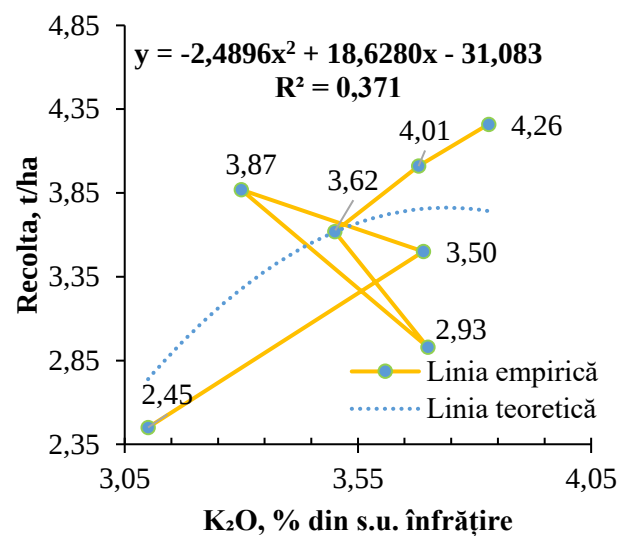


Figura A 5.3. Dependența cantitativă dintre recolta grâului de toamnă boabe (Y, t/ha) și conținutul de potasiu total (X, %) din substanța uscată în anii agricoli 2014–2018

Anexa 6. Consumul și exportul elementelor nutritive la cultivarea grâului de toamnă în perioada ontogenetică

Tabelul A 6.1. Absorbția zilnică din soluția solului a elementelor nutritive în funcție de nivelul recoltei

Varianta	Recolta, t/ha	Interfaza fenologică																	
		Răsărire - Înfrățire			Înfrățire – Ieșire în pai			Ieșire în pai - Înspicare			Înspicare – Înflorire			Înflorire – Lapte- ceară			Lapte-ceară – Maturitate deplină		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg/ha/24 ore																	
		Anul agricol 2014-2015																	
Martor	1,09	0,02	0,004	0,02	0,23	0,07	0,36	0,20	0,08	0,39	1,58	0,44	1,49	1,08	0,46	0,75	2,69	0,84	1,50
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	1,70	0,04	0,007	0,04	0,39	0,12	0,61	0,36	0,16	0,78	2,68	0,71	3,13	1,94	0,69	1,28	4,29	1,37	2,53
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	1,84	0,04	0,007	0,04	0,41	0,14	0,68	0,40	0,15	0,74	2,99	0,75	2,83	2,15	0,79	1,43	4,86	1,17	2,43
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	1,51	0,03	0,007	0,03	0,37	0,15	0,54	0,32	0,15	0,62	2,36	0,66	2,39	1,61	0,88	1,13	3,96	1,38	2,46
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2,10	0,04	0,008	0,05	0,46	0,16	0,76	0,44	0,18	0,85	3,15	0,84	3,28	2,26	0,97	1,58	5,52	2,06	2,96
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2,24	0,05	0,009	0,05	0,51	0,17	0,83	0,48	0,18	0,89	3,47	0,93	3,43	2,47	1,06	1,65	6,41	2,14	3,96
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2,25	0,05	0,010	0,06	0,55	0,18	0,86	0,50	0,20	0,97	3,78	1,02	3,73	2,58	1,11	1,80	7,16	2,27	4,00
Anul agricol 2015-2016																			
Martor	2,76	0,04	0,005	0,03	0,71	0,11	0,94	2,7	0,7	3,8	6,9	1,6	6,8	4,4	1,6	3,5	3,5	1,3	2,5
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,92	0,06	0,007	0,05	1,21	0,20	1,51	4,9	1,1	5,7	13,2	2,5	12,3	7,6	2,5	5,6	5,0	1,7	3,8
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	4,13	0,09	0,011	0,08	1,57	0,23	1,88	5,4	1,5	7,6	17,3	3,1	17,0	9,3	3,3	7,0	5,9	2,0	4,1
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,92	0,07	0,010	0,06	1,35	0,18	1,70	4,0	1,2	6,4	11,1	2,6	10,2	7,1	2,6	5,2	4,9	2,2	3,4
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,41	0,07	0,010	0,07	1,64	0,21	1,88	5,7	1,4	7,2	14,6	2,8	13,6	8,4	3,0	6,3	6,2	2,0	4,1
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,42	0,09	0,011	0,07	1,78	0,28	2,26	6,2	1,7	8,7	16,6	3,8	15,0	10,2	3,9	7,7	7,5	2,6	4,9
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,70	0,08	0,010	0,07	1,71	0,26	2,07	5,9	1,6	9,1	15,9	3,4	15,7	10,7	3,6	8,3	6,7	2,6	4,9

Continuare tabelul A 6.1

Varianta	Recolta, t/ha	Interfaza fenologică																	
		Răsărire – Înfrățire			Înfrățire – Ieșire în pai			Ieșire în pai – Înspicare			Înspicare – Înflorire			Înflorire – Lapte- ceară			Lapte-ceară – Maturitate deplină		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg/ha/24 ore																	
		Anul agricol 2016-2017																	
Martor	3,22	0,04	0,008	0,03	0,93	0,19	1,05	5,7	1,3	7,9	16,2	4,1	18,1	5,7	1,5	4,6	11,4	3,2	7,4
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	5,44	0,08	0,017	0,05	1,76	0,37	1,89	12,5	3,1	16,6	38,8	9,8	43,5	13,1	3,7	10,5	20,7	6,5	13,1
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	5,78	0,09	0,021	0,07	2,13	0,42	2,31	14,2	3,4	18,2	29,1	8,5	38,0	12,0	3,4	9,6	20,7	6,5	12,9
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,82	0,06	0,017	0,04	1,48	0,31	1,79	10,8	2,1	12,7	33,9	9,3	39,9	9,1	2,8	7,8	16,6	6,0	9,2
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	4,96	0,07	0,017	0,05	1,57	0,33	1,58	11,9	2,4	13,5	25,9	6,9	29,0	10,8	3,2	8,7	15,9	5,8	10,8
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5,24	0,09	0,020	0,06	2,31	0,46	2,52	10,2	2,0	11,9	32,3	8,9	41,7	14,3	3,9	11,0	20,2	6,5	12,1
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	5,59	0,08	0,019	0,06	1,94	0,38	2,10	13,0	2,8	15,0	37,2	8,1	32,6	12,5	2,9	10,0	20,7	5,9	15,5
Anul agricol 2017-2018																			
Martor	2,72	0,11	0,015	0,10	1,65	0,27	2,19	3,7	1,0	5,1	5,2	1,3	5,1	2,3	0,9	1,8	6,0	2,3	4,6
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2,96	0,19	0,023	0,16	2,97	0,50	3,28	5,9	1,5	7,6	8,9	2,4	8,7	3,7	1,4	2,9	7,0	2,4	5,6
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,73	0,24	0,031	0,20	3,14	0,58	3,94	7,0	1,9	9,7	12,1	2,7	10,7	5,8	2,2	4,0	11,5	4,0	9,0
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,47	0,22	0,026	0,18	2,48	0,45	3,50	6,2	1,7	8,7	7,9	2,0	7,6	4,2	1,7	3,3	7,5	3,1	6,2
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	4,03	0,25	0,029	0,21	3,47	0,53	4,37	7,7	2,1	10,7	10,0	2,9	9,7	4,9	2,0	3,6	12,0	3,8	9,3
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,13	0,28	0,035	0,24	3,80	0,61	4,59	9,2	2,3	12,7	12,6	3,3	12,7	5,3	2,1	4,5	12,0	3,9	8,6
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,48	0,26	0,032	0,23	4,13	0,66	5,03	8,4	2,2	11,7	11,5	3,1	11,7	4,6	1,9	4,2	10,5	4,0	8,3
Media 2014-2018																			
Martor	2,45	0,06	0,008	0,05	0,84	0,16	1,06	2,6	0,6	3,6	7,7	1,9	8,1	3,6	1,2	2,8	5,3	1,7	3,7
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,50	0,10	0,014	0,08	1,51	0,29	1,74	5,0	1,2	6,5	16,4	3,9	17,3	7,0	2,2	5,4	8,1	2,6	5,6
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,87	0,12	0,018	0,10	1,77	0,34	2,11	5,6	1,4	7,6	16,2	3,9	18,0	7,8	2,6	5,9	9,5	3,1	6,4
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,93	0,10	0,016	0,08	1,37	0,26	1,77	4,4	1,1	6,0	14,2	3,7	15,3	5,9	2,1	4,6	7,4	2,9	4,8
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,62	0,12	0,017	0,10	1,66	0,29	1,93	5,4	1,3	6,7	14,0	3,4	14,5	7,0	2,4	5,4	9,0	3,1	6,1
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,01	0,14	0,020	0,11	2,02	0,37	2,43	5,4	1,3	7,1	16,9	4,4	18,7	8,6	2,9	6,6	10,5	3,5	6,8
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,26	0,13	0,019	0,11	1,93	0,35	2,30	5,8	1,4	7,8	17,7	4,0	16,5	8,1	2,5	6,5	10,1	3,4	7,3

Tabelul A. 6.2. Exportul și consumul de elemente nutritive la grâul de toamnă din cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Recolta boabe, t/ha	Raport paie: boabe	Exportul total, kg/ha				Consumul, kg/t boabe			Consumul specific de NPK, kg/t
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Suma	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Anul agricol 2014-2015										
Martor	1,09	0,97	26	8	14	48	24	8	13	44
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	1,70	1,17	45	15	24	84	26	9	14	49
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	1,84	1,01	50	12	23	86	27	7	13	46
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	1,51	1,15	37	13	23	73	25	9	15	48
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2,10	1,04	54	21	28	102	26	10	13	49
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2,24	1,17	61	21	36	117	27	9	16	52
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2,25	1,39	75	24	38	137	33	11	17	61
Anul agricol 2015-2016										
Martor	2,76	1,39	78	29	56	163	28	10	20	59
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,92	1,20	116	40	86	241	30	10	22	62
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	4,13	1,27	136	48	92	277	33	12	22	67
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,92	1,55	90	38	69	197	31	13	24	68
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,41	1,50	126	40	88	254	37	12	26	75
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,42	1,30	170	59	109	338	39	13	25	76
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,70	1,23	157	61	110	328	33	13	23	70
Anul agricol 2016-2017										
Martor	3,22	1,44	83	23	62	168	26	7	19	52
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	5,44	1,33	148	45	108	300	27	8	20	55
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	5,78	1,21	168	52	112	332	29	9	19	57
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,82	1,60	104	35	71	210	27	9	19	55
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	4,96	1,32	126	45	93	264	25	9	19	53
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5,24	1,31	165	52	106	323	31	10	20	62
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	5,59	1,22	173	49	136	359	31	9	24	64
Anul agricol 2017-2018										
Martor	2,72	1,15	72	29	50	151	27	11	18	55
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2,96	1,05	84	31	60	175	28	10	20	59
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,73	1,42	132	48	95	275	35	13	25	74
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,47	1,15	98	44	69	210	28	13	20	61
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	4,03	1,32	143	49	99	290	36	12	24	72
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,13	1,10	151	55	94	300	37	13	23	73
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,48	0,98	139	57	92	288	31	13	21	64
Media 2014-2018										
Martor	2,45	1,30	64	22	45	131	26	9	18	54
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,50	1,22	98	33	68	200	28	9	20	57
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,87	1,25	120	39	77	236	31	10	20	61
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,93	1,40	82	32	59	173	28	11	20	59
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,62	1,32	111	39	75	225	31	11	21	62
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,01	1,23	134	46	86	265	33	11	21	66
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,26	1,18	137	48	91	276	32	11	21	65

Tabelul A 6.3. Ecuatiile de regresie pentru determinarea cantității de azot, fosfor și potasiu total în resturile vegetale partea aeriană (X, kg/ha) a grâului de toamnă conform recoltei principale (Y, t/ha), % din substanța uscată, anii agricoli 2014–2018

n = 7 și t_{teor} = 2,57

Nivelul de recoltă, t/ha	Ecuatia de regresie	Faza fenologică	Coefficientul de corelație	Pătratul coeficientului de corelație	Criteriul de existență
2,45-4,26	Azotul total				
	$0,0032X^2+0,0419X+1,7922$	Înfrățire	0,916	0,839	5,10
	$0,0001X^2+0,0271X+1,4424$	Ieșire în pai	0,966	0,934	8,40
	$0,0006X^2-0,0515X+3,5737$	Înspicare	0,976	0,953	10,04
	$7E-05X^2-0,0122X+2,9891$	Înflorire	0,916	0,839	5,10
	$5E-05X^2+0,0038X+1,8176$	Lapte-ceară	0,966	0,933	8,32
	$1E-05X^2+0,025X+0,7156$	Maturitate	0,972	0,944	9,19
	Fosforul total				
	$0,2555X^2-0,1258X+2,2068$	Înfrățire	0,913	0,834	5,01
	$0,0047X^2+0,1359X+1,4654$	Ieșire în pai	0,956	0,914	7,27
	$0,0066X^2-0,1035X+2,7648$	Înspicare	0,955	0,913	7,23
	$0,0004X^2+0,0099X+1,8766$	Înflorire	0,818	0,670	3,19
	$5E-05X^2+0,0448X+1,2114$	Lapte-ceară	0,900	0,810	4,61
	$0,0013X^2-0,007X+2,0137$	Maturitate	0,891	0,793	4,38
	Potasiul total				
	$0,0046X^2+0,0557X+1,8039$	Înfrățire	0,937	0,878	6,00
	$4E-0,5X^2+0,0307X+1,1726$	Ieșire în pai	0,933	0,870	5,78
	$0,0002X^2-0,0173X+2,6606$	Înspicare	0,963	0,928	8,01
	$8E-07X^2+0,0099X+1,2969$	Înflorire	0,815	0,664	3,14
	$9E-05X^2+0,0039X+1,8483$	Lapte-ceară	0,973	0,946	9,35
	$9E-06X^2+0,0394X+0,607$	Maturitate	0,995	0,990	22,14

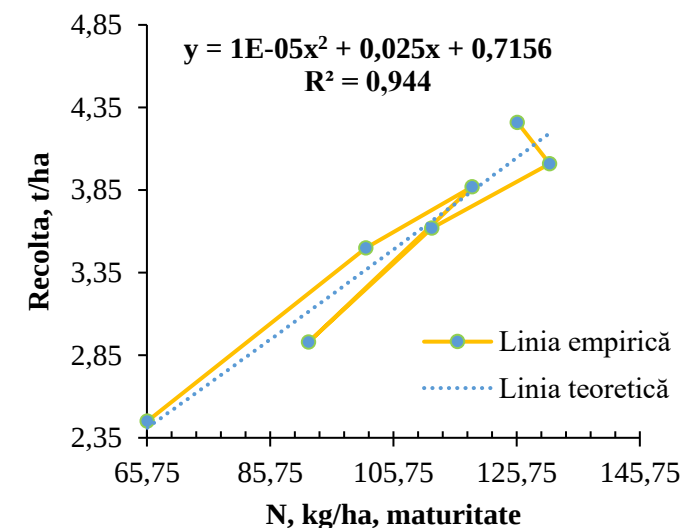
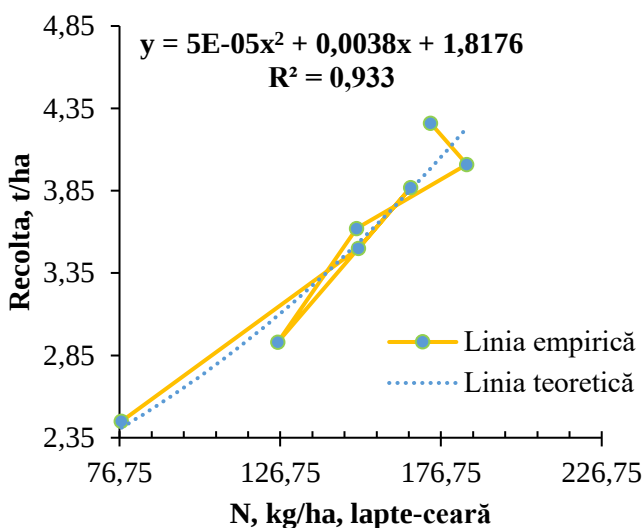
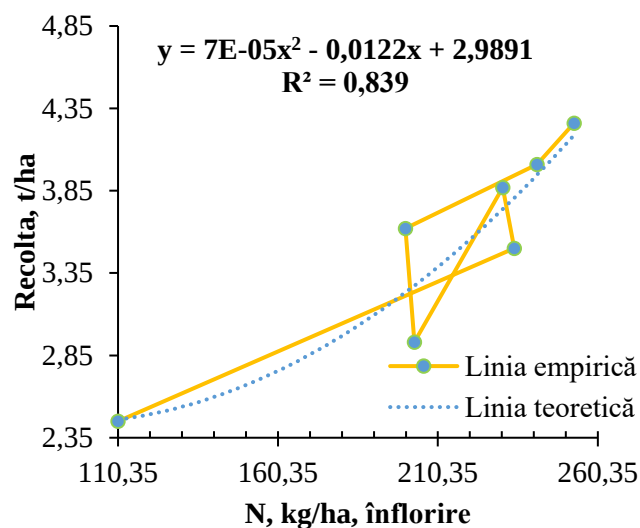
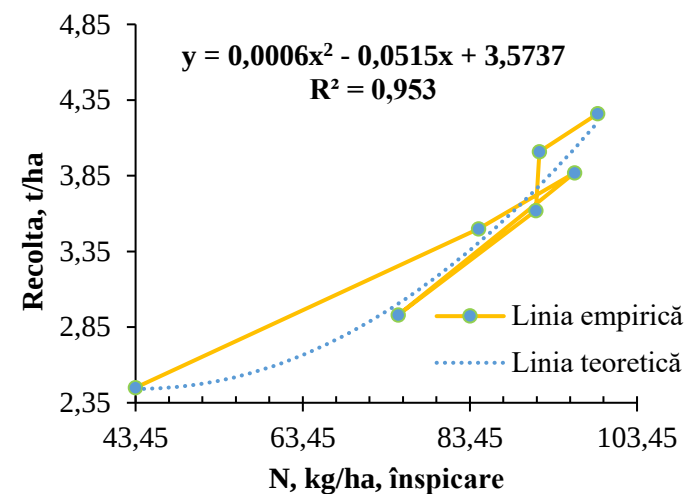
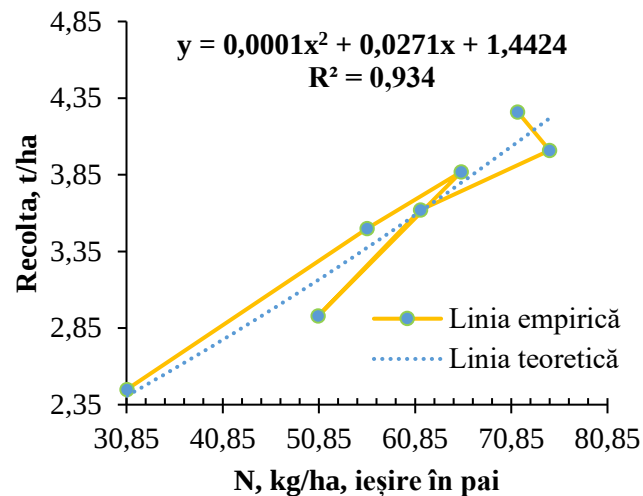
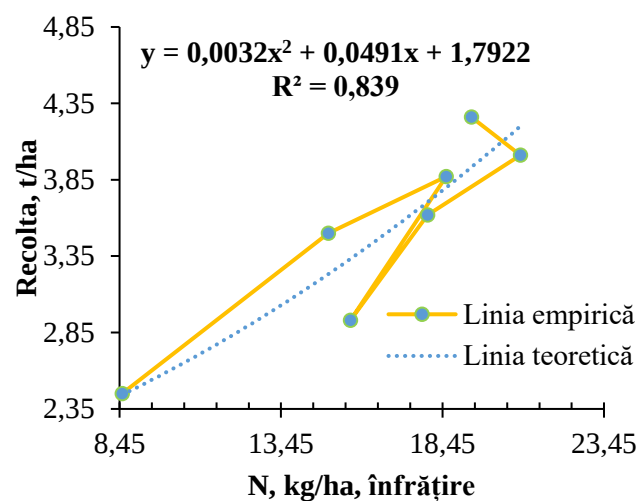


Figura A 6.1. Dependența cantitativă dintre recolta grâului de toamnă, boabe și cantitatea acumulată de azot total din substanța uscată în șase faze fenologice în anii agricoli 2014–2018

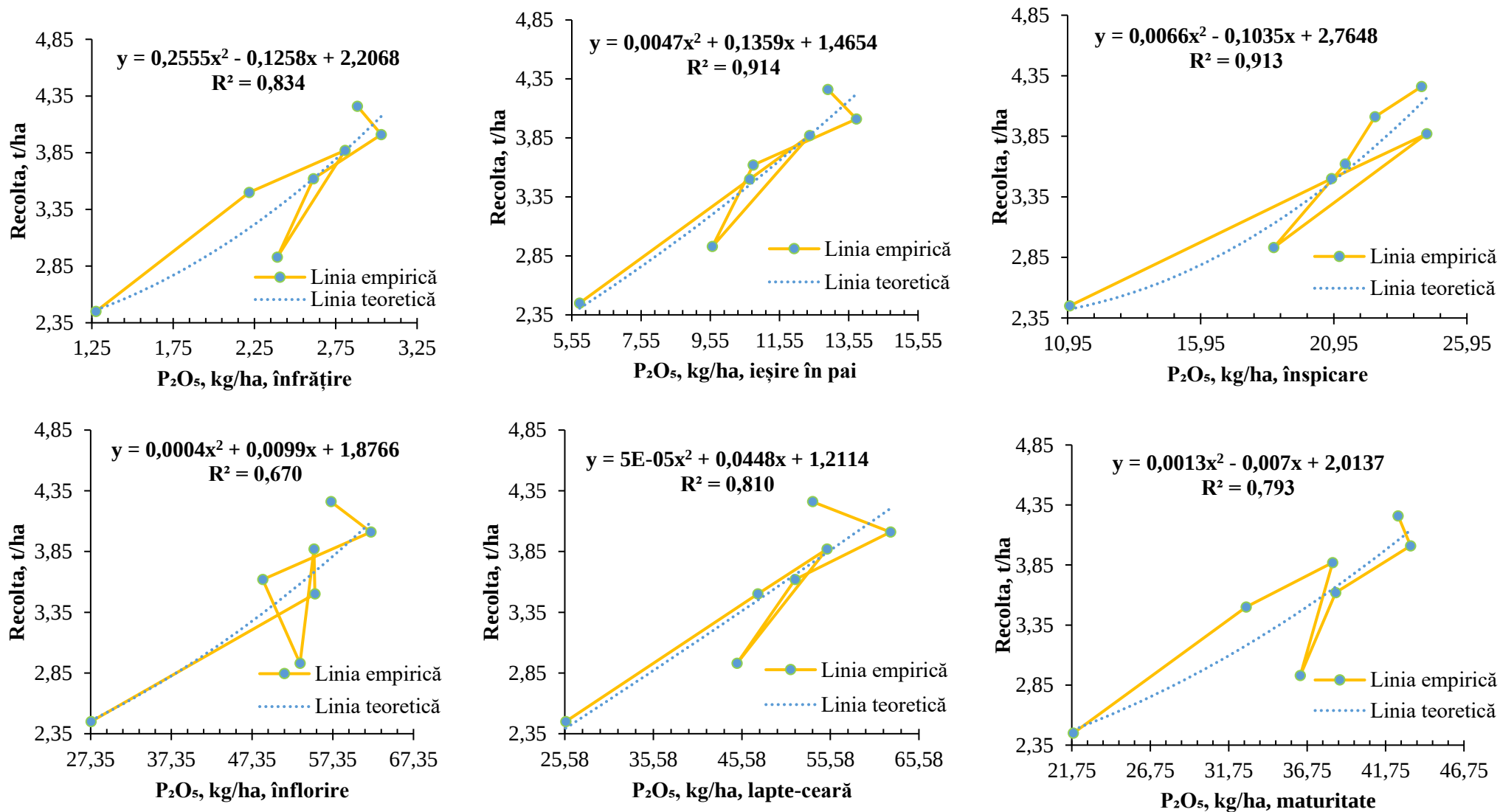


Figura A 6.2. Dependența cantitativă dintre recolta grâului de toamnă, boabe și cantitatea acumulată de fosfor total din substanța uscată în șase faze fenologice în anii agricoli 2014–2018

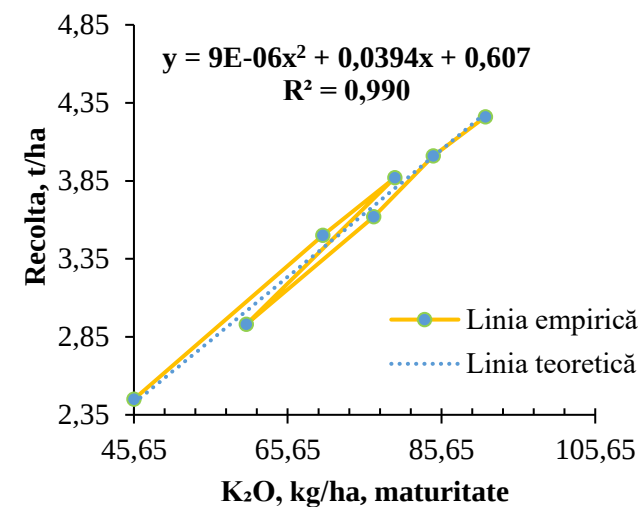
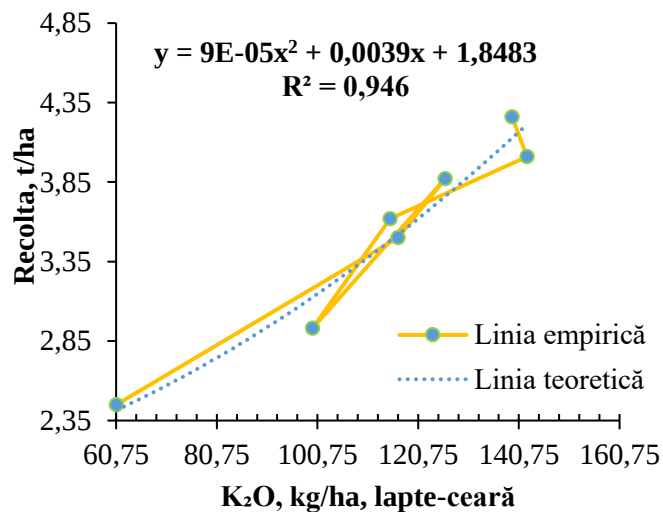
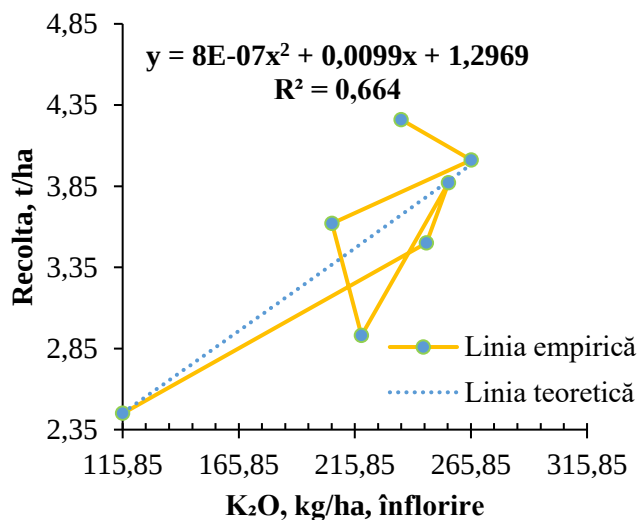
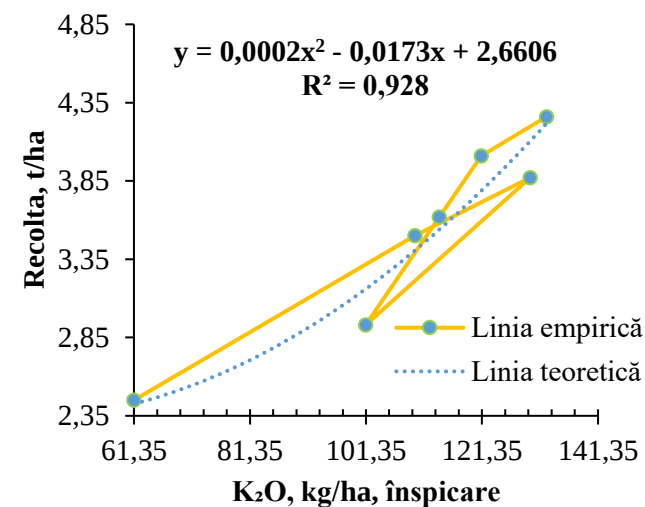
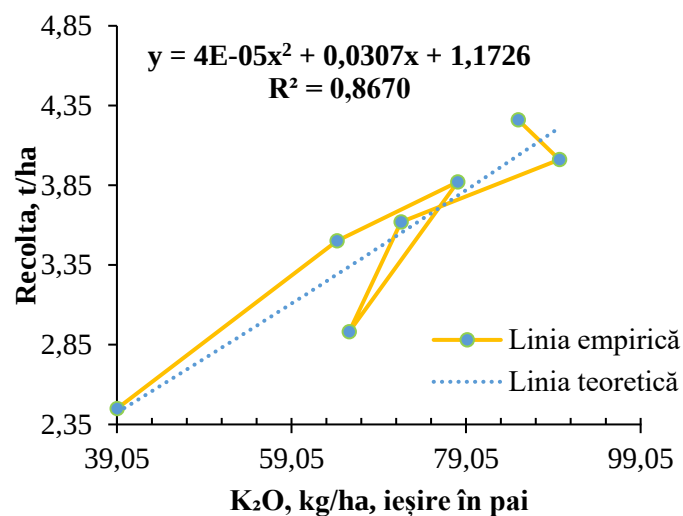
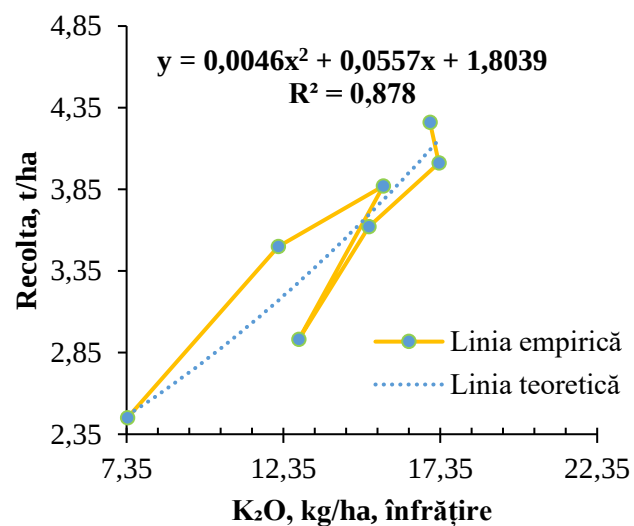


Figura A 6.3. Dependența cantitativă dintre recolta grâului de toamnă, boabe și cantitatea acumulată de potasiu total din substanța uscată în șase faze fenologice în anii agricoli 2014–2018

Anexa 7. Parametrii statistici ai rezervelor de umiditate productivă și ai indicilor agrochimici (humus, azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil)

Tabelul A 7.1. Umiditatea solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrățire, înflorire și maturitate deplină, anul 2015, sola 2, %

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, %	Media, %	±, m, %	CV, %	Deviere %
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrățire	Martor	28,2	27,4	25,8	25,8	25,8	133,0	26,6	± 0,5	4,25	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	28,2	27,4	26,6	25,0	24,2	131,4	26,3	± 0,7	6,31	-0,3
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	27,7	27,5	27,2	25,6	23,9	131,9	26,4	± 0,7	6,12	-0,2
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	29,0	26,6	25,8	25,8	25,0	132,2	26,4	± 0,7	5,98	-0,2
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	29,9	27,4	25,8	25,8	24,2	133,1	26,6	± 1,0	8,09	+0,02
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	29,0	29,0	26,6	25,8	25,0	135,4	27,1	± 0,8	6,80	+0,5
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	29,0	26,6	25,8	25,0	25,0	131,4	26,3	± 0,7	6,31	-0,3
Înflorire	Martor	12,4	13,0	20,5	19,0	19,8	84,7	16,9	± 1,8	23,10	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	11,1	15,6	17,6	17,0	18,3	79,6	15,9	± 1,3	18,04	-1,02
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	10,5	14,3	13,6	14,3	16,3	69,0	13,8	± 0,9	15,23	-3,1**
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	11,1	14,3	14,9	17,6	19,8	77,7	15,5	± 1,5	21,36	-1,4
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	11,1	14,9	14,9	15,6	15,6	72,1	14,4	± 0,8	13,10	-2,5*
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	11,7	13,0	13,6	13,6	12,4	64,3	12,7	± 0,4	6,36	-4,1**
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	11,7	13,6	14,9	14,3	14,9	69,4	13,9	± 0,6	9,59	-3,1*
Maturitate deplină	Martor	12,4	15,6	16,3	16,3	14,9	75,5	15,1	± 0,7	10,71	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	11,7	14,3	14,9	13,6	16,3	70,8	14,2	± 0,8	11,98	-0,9
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	13,0	14,3	15,6	14,3	13,6	70,8	14,2	± 0,4	6,87	-0,9
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	13,6	14,3	14,3	15,6	14,9	72,7	14,5	± 0,3	5,17	-0,6
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	13,6	14,3	14,9	14,9	14,3	72,0	14,4	± 0,2	3,74	-0,7
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	13,0	14,3	14,9	15,6	13,6	71,4	14,3	± 0,5	7,20	-0,8
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	13,6	14,9	14,9	14,3	14,9	72,6	14,5	± 0,3	3,97	-0,6

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrățire	133,0	131,4	131,9	132,2	133,1	135,4	131,4	928,4
Înflorire	84,7	79,6	69,0	77,7	72,1	64,3	69,4	516,8
Maturitate deplină	75,5	70,8	70,8	72,7	72,0	71,4	72,6	505,8
Suma B	293,2	281,8	271,7	282,6	277,2	271,1	273,4	1951,0

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	3675,5	104	35,3	-	-
Repetiții	22,3	4	5,6		
Variante	3381,7	20	169,1	49,80	1,95
Factor A	3315,5	2	1657,8	488,29	3,18
Factor B	24,8	6	4,1	1,22	2,29
AB	41,4	12	3,5	1,02	1,95
Reziduuri	271,6	80	3,4	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	$S_x =$	0,82	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	$S_x, \% =$	4,44		
Eroarea diferenței mediilor	$S_d =$	1,17	0,44	0,67
	$DL_{0,05} =$	2,34	0,89	1,35
	$DL_{0,05}(\%) =$	12,60	4,76	7,28

**Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale pe fond K_{60} asupra umidității medii în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2014–2015
(% din masa uscată absolută)**

Faza fenologică (A)	Îngrășămintă (B)							Media la factorul A ($DL_{0,05}=0,89$)
	Martor	$N_{120}P_{1,5}$	$N_{120}P_{2,5}$	$N_0P_{3,5}$	$N_{60}P_{3,5}$	$N_{120}P_{3,5}$	$N_{180}P_{3,5}$	
Înfrățire	26,6	26,7	26,4	26,4	26,6	27,1	26,7	26,6
Înflorire	16,9	15,9	13,8	15,5	14,4	12,9	13,9	14,8
Maturitate deplină	15,1	14,2	14,2	14,5	14,4	14,3	14,5	14,5
Media la factorul B	19,6	18,9	18,1	18,8	18,5	18,1	18,4	18,6
$DL_{0,05} = 1,35$								
$DL_{0,05} = 2,34$ (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.2. Umiditatea solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrățire, înflorire și maturitate deplină, anul 2016, sola 1, %

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, %	Media, %	$\pm$, m, %	CV, %	Deviere %
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrățire	Martor	25,8	24,2	24,6	23,5	22,0	120,1	24,0	$\pm 0,6$	5,85	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	26,2	25,0	23,9	23,9	23,5	122,5	24,5	$\pm 0,5$	4,50	+0,5
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	26,2	25,4	24,2	22,4	22,4	120,6	24,1	$\pm 0,8$	7,15	+0,1
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	27,4	24,6	23,1	22,8	21,2	119,1	23,8	$\pm 1,1$	9,81	-0,2
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	25,4	25,4	23,9	24,6	22,8	122,1	24,4	$\pm 0,5$	4,51	+0,4
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	26,2	25,0	24,6	23,9	22,4	122,1	24,4	$\pm 0,6$	5,75	+0,4
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	25,1	25,8	25,4	25,4	23,9	125,6	25,1	$\pm 0,3$	2,89	+1,1
Înflorire	Martor	26,6	19,2	18,0	17,7	17,7	99,2	19,8	$\pm 1,7$	19,30	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	27,4	19,8	16,0	15,0	16,3	94,5	18,9	$\pm 2,3$	26,91	-0,9
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	25,4	16,7	16,3	16,0	15,6	90,0	18,0	$\pm 1,9$	23,09	-1,8
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	27,8	16,7	16,0	15,0	14,6	90,1	18,0	$\pm 2,5$	30,68	-1,8
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	25,8	16,6	16,0	15,3	16,0	89,7	17,9	$\pm 1,9$	24,63	-1,9
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	26,6	16,0	15,6	15,6	15,3	89,1	17,8	$\pm 2,2$	27,58	-2,0
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	25,4	17,0	15,6	15,0	15,3	88,3	17,7	$\pm 1,9$	24,88	-2,2
Maturitate deplină	Martor	17,0	18,7	19,1	16,7	16,3	87,8	17,6	$\pm 0,6$	7,16	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	16,6	18,0	17,3	16,0	14,3	82,2	16,4	$\pm 0,6$	8,59	-1,1
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	16,3	16,0	16,0	15,3	15,3	78,9	15,8	$\pm 0,2$	2,89	-1,8
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	15,7	16,0	15,7	15,0	14,6	77,0	15,4	$\pm 0,3$	3,76	-2,2
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	16,3	15,0	15,6	16,0	15,0	77,9	15,6	$\pm 0,3$	3,76	-1,9
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	15,3	15,3	15,3	15,3	14,6	75,8	15,2	$\pm 0,1$	2,09	-2,4
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	17,7	15,9	16,6	15,3	14,9	80,4	16,1	$\pm 0,5$	6,90	-1,5

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrățire	120,1	122,5	120,6	119,1	122,1	122,1	125,6	852,1
Înflorire	99,2	94,5	90,0	90,1	89,7	89,1	88,3	640,9
Maturitate deplină	87,8	82,2	78,9	77,0	77,9	75,8	80,4	560,0
Suma B	307,1	299,2	289,5	286,2	289,7	287,0	294,3	2053,0

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice 0,05
Totală	2032,9	104	19,6	-	-
Repetiții	344,2	4	86,1		
Variante	1343,0	20	67,2	15,54	1,95
Factor A	1299,7	2	649,9	150,39	3,18
Factor B	22,9	6	3,8	0,88	2,29
AB	20,4	12	1,7	0,39	1,95
Reziduuri	345,7	80	4,3	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x =	0,93	-	-
Eroarea relativă, S _x (%)	S _x , % =	4,76		
Eroarea diferenței mediilor	S _d =	1,32	0,50	0,76
	DL _{0,05} =	2,64	1,00	1,53
	DL _{0,05} (%) =	13,51	5,11	7,80

**Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale pe fond K₆₀ asupra umidității medii în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2015–2016
(% din masa uscată absolută)**

Faza fenologică (A)	Îngrășăminte (B)							Media la factorul A (DL _{0,05} =1,00)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}	
Înfrățire	24,0	24,5	24,1	23,8	24,4	24,4	25,1	24,4
Înflorire	19,8	18,9	18,0	18,0	17,9	17,8	17,7	18,3
Maturitate deplină	17,6	16,4	15,8	15,4	15,6	15,7	16,1	16,0
Media la factorul B	20,5	20,0	19,3	19,1	19,3	19,1	19,6	19,6
DL _{0,05} = 1,53								
DL _{0,05} = 2,64 (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.3. Umiditatea solului sub grâu de toamnă în fazele de înfrărire, înflorire și maturitate deplină, anul 2017, sola 4, %

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, %	Media, %	±, m, %	CV, %	Deviere %
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrărire	Martor	23,5	23,5	23,1	22,0	18,7	110,8	22,2	± 0,9	9,16	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	23,9	23,1	23,1	22,0	17,1	109,2	21,8	± 1,2	12,52	-0,3
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	24,2	24,2	23,1	22,4	19,4	113,3	22,7	± 0,9	8,73	+0,5
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	23,1	22,7	22,7	21,3	17,3	107,1	21,4	± 1,1	11,22	-0,7
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	23,9	23,5	22,8	20,9	16,3	107,4	21,5	± 1,4	14,51	-0,7
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	23,9	22,4	22,4	20,9	20,5	110,1	22,0	± 0,6	6,17	-0,1
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	22,7	22,7	22,7	21,2	19,1	108,4	21,7	± 0,7	7,30	-0,5
Înflorire	Martor	14,3	16,6	18,3	17,7	18,3	85,2	17,0	± 0,8	9,87	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	13,4	15,6	16,3	16,0	16,6	77,9	15,6	± 0,6	8,18	-1,5
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	12,1	15,0	15,6	14,3	14,3	71,3	14,3	± 0,6	9,29	-2,8*
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	13,6	16,0	16,3	16,3	16,6	78,8	15,8	± 0,6	7,78	-1,3
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	13,7	15,6	16,7	16,6	17,0	79,6	15,9	± 0,6	8,47	-1,1
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	13,0	14,6	14,6	15,3	15,0	72,5	14,5	± 0,4	6,13	-2,5
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	13,0	14,3	15,3	16,0	16,3	74,9	15,0	± 0,6	9,00	-2,1
Maturitate deplină	Martor	22,0	16,0	14,6	14,6	16,0	83,2	16,6	± 1,4	18,49	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	21,3	14,0	14,3	15,6	13,0	78,2	15,6	± 1,5	21,09	-1,0
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	20,9	14,6	14,9	14,6	12,7	77,7	15,5	± 1,4	20,09	-1,1
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	21,2	16,3	14,6	14,6	14,6	81,3	16,3	± 1,3	17,58	-0,4
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	20,5	13,7	14,0	13,3	13,3	74,8	15,0	± 1,4	20,80	-1,7
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	19,8	14,0	14,0	13,3	13,0	74,1	14,8	± 1,3	19,02	-1,8
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	19,4	14,3	14,6	13,0	13,0	74,3	14,9	± 1,2	17,78	-1,8

Faza (A)	Îngrășămintele (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrărire	110,8	109,2	113,3	107,1	107,4	110,1	108,4	766,3
Înflorire	85,2	77,9	71,3	78,8	79,6	72,5	74,9	540,2
Maturitate deplină	83,2	78,2	77,7	81,3	74,8	74,1	74,3	543,6
Suma B	279,2	265,3	262,3	267,2	261,8	256,7	257,6	1850,1

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	1448,4	104	13,9	-	-
Repetiții	105,8	4	26,5		
Variante	1007,1	20	50,4	12,01	1,95
Factor A	959,3	2	479,7	114,37	3,18
Factor B	23,0	6	3,8	0,91	2,29
AB	24,9	12	2,1	0,49	1,95
Reziduuri	335,5	80	4,2	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	$S_x =$	0,92	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	$S_x, \% =$	5,20		
Eroarea diferenței mediilor	$S_d =$	1,30	0,49	0,75
	$DL_{0,05} =$	2,60	0,98	1,50
	$DL_{0,05} (\%) =$	14,77	5,58	8,53

**Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor pe fond K_{60} asupra umidității medii în stratul de sol de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2016–2017
(% din masa uscată absolută)**

Faza fenologică (A)	Îngrășămintele (B)							Media la factorul A ($DL_{0,05}=0,98$)
	Martor	$N_{120}P_{1,5}$	$N_{120}P_{2,5}$	$N_0P_{3,5}$	$N_{60}P_{3,5}$	$N_{120}P_{3,5}$	$N_{180}P_{3,5}$	
Înfrățire	22,2	21,8	22,7	21,4	21,5	22,0	21,7	21,9
Înflorire	17,0	15,6	14,3	15,8	15,9	14,5	15,0	15,4
Maturitate deplină	16,6	15,6	15,5	16,3	14,10	14,8	14,9	15,5
Media la factorul B	18,6	17,7	17,5	17,8	17,5	17,1	17,2	17,6
$DL_{0,05} = 1,50$								
$DL_{0,05} = 2,60$ (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.4. Umiditatea solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrățire, înflorire și maturitate deplină, anul 2018, sola 3, %

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, %	Media, %	$\pm m, \%$	CV, %	Deviere, %
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrățire	Martor	17,0	20,9	23,5	22,0	21,3	104,7	20,9	$\pm 1,1$	11,54	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	17,3	19,8	22,8	22,0	21,6	103,5	20,7	$\pm 1,0$	10,61	-0,2
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	17,6	20,2	22,0	20,9	20,5	101,2	20,2	$\pm 0,7$	8,04	-0,7
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	16,3	18,4	20,9	21,3	21,3	98,2	19,6	$\pm 1,0$	11,33	-1,3
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	16,3	20,2	21,2	21,6	21,6	100,9	20,2	$\pm 1,0$	11,12	-0,8
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	15,6	18,3	20,2	21,6	21,3	97,0	19,4	$\pm 1,1$	12,82	-1,5
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	16,3	17,6	21,2	20,9	21,2	97,2	19,4	$\pm 1,0$	11,95	-1,5
Înflorire	Martor	14,3	15,3	16,0	15,6	15,0	76,2	15,2	$\pm 0,3$	4,23	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	14,3	15,6	15,0	16,0	17,0	77,9	15,6	$\pm 0,5$	6,55	+0,3
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	14,6	16,3	16,7	16,3	16,6	80,5	16,1	$\pm 0,4$	5,32	+0,9
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	14,6	16,0	17,3	16,6	16,0	80,5	16,1	$\pm 0,4$	6,18	+0,9
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	14,0	16,0	15,3	15,3	16,0	76,6	15,3	$\pm 0,4$	5,33	+0,1
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	13,7	14,9	16,7	14,9	14,9	75,1	15,0	$\pm 0,5$	7,15	-0,2
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	14,4	14,0	16,0	15,6	16,3	76,3	15,3	$\pm 0,5$	6,62	+0,02
Maturitate deplină	Martor	15,6	15,3	15,6	15,3	15,3	77,1	15,4	$\pm 0,1$	1,08	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	16,0	15,3	15,0	14,6	14,3	75,2	15,0	$\pm 0,3$	4,39	-0,4
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	15,6	15,3	14,9	14,6	14,3	74,7	14,9	$\pm 0,2$	3,51	-0,5
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	17,3	15,3	15,6	15,6	14,0	77,8	15,6	$\pm 0,5$	7,56	+0,1
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	16,0	14,3	15,0	14,3	14,0	73,6	14,7	$\pm 0,4$	5,47	-0,7
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	16,0	14,3	13,6	14,0	13,7	71,6	14,3	$\pm 0,4$	6,83	-1,1
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	16,0	15,3	14,6	13,6	13,6	73,1	14,6	$\pm 0,5$	7,21	-0,8

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrățire	104,7	103,5	101,2	98,2	100,9	97,0	97,2	702,7
Înflorire	76,2	77,9	80,5	80,5	76,6	75,1	76,3	543,1
Maturitate deplină	77,1	75,2	74,7	77,8	73,6	71,6	73,1	523,1
Suma B	258,0	256,6	256,4	256,5	251,1	243,7	246,6	1768,9

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	758,9	104	7,3	-	-
Repetiții	47,6	4	11,9		
Variante	576,1	20	28,8	17,04	1,95
Factor A	553,6	2	276,8	163,79	3,18
Factor B	12,8	6	2,1	1,26	2,29
AB	9,7	12	0,8	0,48	1,95
Reziduuri	135,2	80	1,7	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x =	0,58	-	-
Eroarea relativă, S _x (%)	S _x , % =	3,45		
Eroarea diferenței mediilor	S _d =	0,82	0,31	0,47
	DL _{0,05} =	1,65	0,62	0,95
	DL _{0,05} (%) =	9,81	3,71	5,66

**Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale pe fond K₆₀ asupra umidității medii în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2017–2018
(% din masa uscată absolută)**

Faza fenologică (A)	Îngrășăminte (B)							Media la factorul A (DL _{0,05} =0,62)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}	
Înfrățire	20,9	20,7	20,2	19,6	20,2	19,4	19,4	20,1
Înflorire	15,2	15,6	16,1	16,1	15,3	15,0	15,3	15,5
Maturitate deplină	15,4	15,0	14,9	15,6	14,7	14,3	14,6	15,0
Media la factorul B	17,2	17,1	17,1	17,1	16,7	16,3	16,4	16,9
DL _{0,05} = 0,95								
DL _{0,05} = 1,65 (pentru compararea datelor private)								

Tabelul A 7.5. Rezervele de apă productivă ale solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrărire, înflorire și maturitate deplină, anul 2015, sola 2, mm

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, mm	Media, mm	±, m, mm	CV, %	Deviere mm
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrărire	Martor	38,2	37,2	34,0	36,4	37,2	183,0	36,6	± 0,7	4,3	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	38,2	37,2	36,1	34,3	33,0	178,8	35,8	± 1,0	5,9	-0,8
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	37,0	37,5	37,7	36,0	32,3	180,5	36,1	± 1,0	6,2	-0,5
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	40,2	35,2	34,0	36,4	35,1	180,9	36,2	± 1,1	6,6	-0,4
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	42,2	37,2	34,0	36,4	33,0	182,8	36,6	± 1,6	9,8	-0,04
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	40,2	41,3	36,1	36,4	35,1	189,1	37,8	± 1,2	7,3	+1,2
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	40,2	35,2	34,0	34,3	35,1	178,8	35,8	± 1,1	7,1	-0,8
Înflorire	Martor	0,1	1,2	20,2	18,7	21,2	61,4	12,3	± 4,8	86,8	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	0,0	7,8	12,9	13,3	17,4	51,4	10,3	± 3,0	65,0	-2,0
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	0,0	4,5	2,4	6,3	11,9	25,1	5,0	± 2,0	89,8	-7,3**
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0,0	4,5	5,8	15,1	21,2	46,6	9,3	± 3,9	92,5	-3,0
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	0,0	6,1	5,8	9,7	10,1	31,7	6,3	± 1,8	64,1	-5,9*
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	0,0	1,2	2,4	4,5	1,5	9,6	1,9	± 0,8	87,4	-10,4**
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	0,0	2,8	5,8	6,3	8,4	23,3	4,7	± 1,5	70,5	-7,6**
Maturitate deplină	Martor	0,1	7,8	9,3	11,5	8,4	37,1	7,4	± 1,9	58,3	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	0,0	4,5	5,8	4,5	11,9	26,7	5,3	± 1,9	80,1	-2,1
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	1,7	4,5	7,6	6,3	4,9	25,0	5,0	± 1,0	44,3	-2,4
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,2	4,5	4,1	9,7	8,4	29,9	6,0	± 1,3	48,1	-1,4
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,2	4,5	5,8	8,0	6,6	28,1	5,6	± 0,8	33,0	-1,8
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	1,7	4,5	5,8	9,7	4,9	26,6	5,3	± 1,3	54,3	-2,1
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	3,2	6,1	5,8	6,3	8,4	29,8	6,0	± 0,8	31,1	-1,5

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrărire	183,0	178,8	180,5	180,9	182,8	189,1	178,8	1273,9
Înflorire	61,4	51,4	25,1	46,6	31,7	9,6	23,3	249,1
Maturitate deplină	37,1	26,7	25,0	29,9	28,1	26,6	29,8	203,2
Suma B	281,5	256,9	230,6	257,4	242,6	225,3	231,9	1726,2

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	22943,9	104	220,6	-	-
Repetiții	304,4	4	76,1		
Variante	21372,2	20	1068,6	67,46	1,95
Factor A	20940,2	2	10470,1	660,94	3,18
Factor B	158,8	6	26,5	1,67	2,29
AB	273,2	12	22,8	1,44	1,95
Reziduuri	1267,3	80	15,8	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor A și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	$S_x =$	1,78	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	$S_x, \% =$	10,83		
Eroarea diferenței mediilor	$S_d =$	2,52	0,95	1,45
	$DL_{0,05} =$	5,06	1,91	2,92
	$DL_{0,05} (\%) =$	30,77	11,63	17,77

Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale pe fond K_{60} asupra rezervelor medii de apă productivă în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2014–2015, mm

Faza fenologică (A)	Îngrășămintele (B)							Media la factorul A ($DL_{0,05}=1,91$)
	Martor	$N_{120}P_{1,5}$	$N_{120}P_{2,5}$	$N_0P_{3,5}$	$N_{60}P_{3,5}$	$N_{120}P_{3,5}$	$N_{180}P_{3,5}$	
Înfrățire	36,6	35,8	36,1	36,2	36,6	37,8	35,8	36,4
Înflorire	12,3	10,3	5,0	9,3	6,3	1,9	4,7	7,1
Maturitate deplină	7,4	5,3	5,0	6,0	5,6	5,3	6,0	5,8
Media la factorul B	18,8	17,1	15,4	17,2	16,2	15,0	15,5	16,4
$DL_{0,05} = 2,92$								
$DL_{0,05} = 5,06$ (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.6. Rezervele de apă productivă ale solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrățire, înflorire și maturitate deplină, anul 2016, sola 1, mm

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, mm	Media, mm	±, m, mm	CV, %	Deviere mm
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrățire	Martor	32,4	29,3	30,9	30,3	27,1	150,0	30,0	± 0,9	6,57	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	33,4	31,3	29,0	31,3	31,1	156,1	31,2	± 0,7	4,99	+1,2
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	33,4	32,3	29,9	27,4	28,1	151,1	30,2	± 1,2	8,60	+0,2
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	36,2	30,3	27,0	28,4	25,0	146,9	29,4	± 1,9	14,56	-0,6
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	31,4	32,3	29,0	33,3	29,1	155,1	31,0	± 0,9	6,19	+1,0
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	33,4	31,3	30,9	31,3	28,1	155,0	31,0	± 0,9	6,11	+1,0
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	30,6	33,3	33,0	35,4	32,1	164,4	32,9	± 0,8	5,34	+2,9
Înflorire	Martor	34,3	16,6	13,7	15,1	15,6	95,3	19,1	± 3,8	45,03	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	36,2	18,1	8,5	8,0	12,0	82,8	16,6	± 5,2	70,63	-2,5
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	31,4	10,4	9,4	10,6	10,1	71,9	14,4	± 4,3	66,24	-4,7
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	37,2	10,4	8,5	8,0	7,4	71,5	14,3	± 5,8	89,86	-4,8
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	32,4	10,3	8,5	8,9	11,0	71,1	14,2	± 4,6	71,83	-4,8
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	34,3	8,6	7,5	9,7	9,3	69,4	13,9	± 5,1	82,46	-5,2
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	31,4	11,1	7,5	8,0	9,2	67,2	13,4	± 4,5	75,41	-5,6
Maturitate deplină	Martor	11,2	15,4	16,5	12,4	12,0	67,5	13,5	± 1,0	17,12	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	10,3	13,8	12,0	10,6	6,7	53,4	10,7	± 1,2	24,54	-2,8
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	9,6	8,6	8,5	8,8	9,2	44,7	8,9	± 0,2	5,13	-4,6
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	8,0	8,6	7,7	8,0	7,4	39,7	7,9	± 0,2	5,63	-5,6
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	9,6	6,1	7,5	10,6	8,4	42,2	8,4	± 0,8	20,84	-5,1
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	7,2	6,9	6,7	8,8	7,5	37,1	7,4	± 0,4	11,17	-6,1
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	12,8	8,6	10,2	8,9	8,4	48,9	9,8	± 0,8	18,69	-3,7

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrățire	150,0	156,1	151,1	146,9	155,1	155,0	164,4	1078,6
Înflorire	95,3	82,8	71,9	71,5	71,1	69,4	67,2	529,2
Maturitate deplină	67,5	53,4	44,7	39,7	42,2	37,1	48,9	333,5
Suma B	312,8	292,3	267,7	258,1	268,4	261,5	280,5	1941,3

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice 0,05
Totală	12276,2	104	118,0	-	-
Repetiții	1352,3	4	338,1		
Variante	8812,9	20	440,7	16,70	1,95
Factor A	8526,8	2	4263,4	161,57	3,18
Factor B	152,3	6	25,4	0,96	2,29
AB	133,8	12	11,2	0,42	1,95
Reziduuri	2111,0	80	26,4	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x =	2,30	-	-
Eroarea relativă, S _x (%)	S _x , % =	12,43		
Eroarea diferenței mediilor	S _d =	3,25	1,23	1,88
	DL _{0,05} =	6,53	2,47	3,77
	DL _{0,05} (%) =	35,31	13,35	20,39

Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale pe fond K₆₀ asupra rezervelor medii de apă productivă în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2015–2016, mm

Faza fenologică (A)	Îngrășăminte (B)							Media la factorul A (DL _{0,05} =2,47)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}	
Înfrățire	30,0	31,2	30,2	29,4	31,0	31,0	32,9	30,8
Înflorire	19,1	16,6	14,4	14,3	14,2	13,9	13,4	15,1
Maturitate deplină	13,5	10,7	8,9	7,9	8,4	7,4	9,8	9,5
Media la factorul B	20,9	19,5	17,9	17,	17,9	17,4	18,7	18,5
DL _{0,05} = 3,77								
DL _{0,05} = 6,53 (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.7. Rezervele de apă productivă ale solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrărire, înflorire și maturitate deplină, anul 2017, sola 4, mm

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, mm	Media mm	±, m, mm	CV, %	Deviere mm
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrărire	Martor	26,9	27,5	27,0	26,5	18,4	126,3	25,3	± 1,7	15,25	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	27,7	26,5	27,0	26,5	14,0	121,7	24,3	± 2,6	23,83	-0,9
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	28,6	29,3	27,0	27,4	20,2	132,5	26,5	± 1,6	13,74	+1,2
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	25,9	25,5	26,0	24,5	14,6	116,5	23,3	± 2,2	21,03	-2,0
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	27,7	27,4	26,1	23,4	12,0	116,6	23,3	± 2,9	28,10	-1,9
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	27,7	24,6	25,1	23,6	23,1	124,1	24,8	± 0,8	7,23	-0,4
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	25,0	25,5	26,0	24,4	19,4	120,3	24,1	± 1,2	11,11	-1,2
Înflorire	Martor	4,7	10,3	14,6	15,1	17,3	62,0	12,4	± 2,2	40,29	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2,5	7,8	9,4	10,6	12,8	43,1	8,6	± 1,7	44,98	-3,8
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	0,0	6,1	7,5	6,3	6,7	26,6	5,3	± 1,6	56,80	-7,1*
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,1	8,6	9,4	11,5	12,8	45,4	9,1	± 1,7	41,13	-3,3
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,2	7,8	10,3	12,3	13,7	47,3	9,5	± 1,9	43,81	-2,9
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	1,7	5,3	4,9	8,8	8,4	29,1	5,8	± 1,3	49,82	-6,6*
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	1,7	4,4	6,6	10,6	12,0	35,3	7,1	± 1,9	60,49	-5,3
Maturitate deplină	Martor	23,3	8,6	4,9	7,1	11,0	54,9	11,0	± 3,2	65,91	-
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	21,5	3,6	4,2	9,7	3,2	42,2	8,4	± 3,5	91,97	-2,5
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	20,5	5,3	5,7	7,1	2,4	41,0	8,2	± 3,2	86,40	-2,8
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	21,4	9,5	4,9	7,1	7,4	50,3	10,1	± 2,9	65,07	-0,9
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	19,7	2,9	3,3	3,7	4,0	33,6	6,7	± 3,3	108,1	-4,3
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	18,0	3,6	3,3	3,7	3,2	31,8	6,4	± 2,9	102,3	-4,6
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	17,0	4,4	4,9	2,9	3,2	32,4	6,5	± 2,7	91,65	-4,5

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrărire	126,3	121,7	132,5	116,5	116,6	124,1	120,3	858,0
Înflorire	62,0	43,1	26,6	45,4	47,3	29,1	35,3	288,8
Maturitate deplină	54,9	42,2	41,0	50,3	33,6	31,8	32,4	286,2
Suma B	243,2	207,0	200,1	212,2	197,5	185,0	188,0	1433,0

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice 0,05
Totală	8842,3	104	85,0	-	-
Repetiții	294,9	4	73,7		
Variante	6514,2	20	325,7	12,81	1,95
Factor A	6199,5	2	3099,8	121,96	3,18
Factor B	152,3	6	25,4	1,00	2,29
AB	162,4	12	13,5	0,53	1,95
Reziduuri	2033,3	80	25,4	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	$S_x =$	2,26	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	$S_x, \% =$	16,52		
Eroarea diferenței mediilor	$S_d =$	3,19	1,21	1,84
	$DL_{0,05} =$	6,41	2,42	3,70
	$DL_{0,05} (\%) =$	46,95	17,75	27,11

Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale asupra rezervelor medii de apă productivă în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2016–2017, mm

Faza fenologică (A)	Îngrășămintă (B)							Media la factorul A ($DL_{0,05}=2,42$)
	Martor	$N_{120}P_{1,5}$	$N_{120}P_{2,5}$	$N_0P_{3,5}$	$N_{60}P_{3,5}$	$N_{120}P_{3,5}$	$N_{180}P_{3,5}$	
Înfrățire	25,3	24,3	26,5	23,3	23,3	24,8	24,1	24,5
Înflorire	12,4	8,6	5,3	9,1	9,5	5,8	7,1	8,3
Maturitate deplină	11,0	8,4	8,2	10,1	6,7	6,4	6,5	8,2
Media la factorul B	16,2	13,8	13,3	14,2	13,2	12,3	12,5	13,7
$DL_{0,05} = 3,70$								
$DL_{0,05} = 6,41$ (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.8. Rezervele de apă productivă ale solului sub grâul de toamnă în fazele de înfrățire, înflorire și maturitate deplină, anul 2018, sola 3, mm

Faza	Varianta	Adâncimea, cm					Suma, mm	Media mm	±, m, mm	CV, %	Deviere mm
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Înfrățire	Martor	11,2	21,0	28,1	26,3	25,1	111,7	22,3	± 3,0	30,23	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	12,0	18,3	26,1	26,3	26,1	108,8	21,8	± 2,9	29,56	-0,6
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	12,7	19,1	24,2	23,6	23,1	102,7	20,5	± 2,2	23,46	-1,8
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	9,6	14,8	21,2	24,5	25,1	95,2	19,0	± 3,0	35,07	-3,3
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	9,6	19,1	23,1	25,4	26,1	103,3	20,7	± 3,0	32,72	-1,7
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	7,9	14,5	19,4	25,4	25,1	92,3	18,5	± 3,3	40,21	-3,9
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	9,6	12,8	22,1	23,4	25,0	92,9	18,6	± 3,1	37,18	-3,8
Înflorire	Martor	4,7	7,0	8,5	9,7	8,4	38,3	7,7	± 0,9	24,96	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	4,7	7,8	5,9	10,6	13,7	42,7	8,5	± 1,6	42,68	+0,9
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	5,5	9,5	10,3	11,5	12,8	49,6	9,9	± 1,2	27,90	+2,3
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	5,5	8,6	12,0	12,3	11,0	49,4	9,9	± 1,3	28,82	+2,2
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	4,0	8,6	6,6	8,9	11,0	39,1	7,8	± 1,2	33,82	+0,2
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	3,2	6,0	10,3	7,9	8,2	35,6	7,1	± 1,2	37,50	-0,5
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	4,9	3,6	8,5	9,7	12,0	38,7	7,7	± 1,6	44,65	+0,1
Maturitate deplină	Martor	7,9	6,9	7,5	8,8	9,2	40,3	8,1	± 0,4	11,67	-
	$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	8,8	6,9	5,9	7,1	6,7	35,4	7,1	± 0,5	15,03	-1,0
	$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	7,9	6,9	5,7	7,1	6,7	34,3	6,9	± 0,4	11,57	-1,2
	$N_0P_{3,5}K_{60}$	12,0	7,0	7,5	9,7	5,7	41,9	8,4	± 1,1	29,66	+0,3
	$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	8,8	4,5	5,9	6,2	5,7	31,1	6,2	± 0,7	25,41	-1,8
	$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	8,8	4,5	2,3	5,4	4,9	25,9	5,2	± 1,1	45,26	-2,9
	$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	8,8	6,9	4,9	4,5	4,8	29,9	6,0	± 0,8	30,78	-2,1

Faza (A)	Îngrășăminte (B)							Suma (A)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	
Înfrățire	111,7	108,8	102,7	95,2	103,3	92,3	92,9	706,9
Înflorire	38,3	42,7	49,6	49,4	39,1	35,6	38,7	293,4
Maturitate deplină	40,3	35,4	34,3	41,9	31,1	25,9	29,9	238,8
Suma B	190,3	186,9	186,6	186,5	173,5	153,8	161,5	1239,1

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate, v	Pătratul mediu, s ²	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	5420,6	104	52,1	-	-
Repetiții	587,1	4	146,8		
Variante	3891,7	20	194,8	16,53	1,95
Factor A	3743,6	2	1871,8	159,00	3,18
Factor B	83,2	6	13,9	1,18	2,29
AB	64,9	12	5,4	0,46	1,95
Reziduuri	941,8	80	11,8	1,00	*

	Totală	Factor A	Factor B
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x = 1,53	-	-
Eroarea relativă, S _x (%)	S _x , % = 13,00		
Eroarea diferenței mediilor	S _d = 2,17	0,82	1,25
	DL _{0,05} = 4,36	1,65	2,52
	DL _{0,05} (%) = 36,96	13,97	21,34

Influența fazelor fenologice și a îngrășămintelor minerale pe fond K₆₀ asupra rezervelor medii de apă productivă în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2017–2018, mm

Faza fenologică (A)	Îngrășăminte (B)							Media la factorul A (DL _{0,05} =1,65)
	Martor	N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}	
Înfrățire	22,3	21,8	20,5	19,0	20,7	18,5	18,6	20,2
Înflorire	7,7	8,5	9,9	9,9	7,8	7,1	7,7	8,4
Maturitate deplină	8,1	7,1	6,9	8,4	6,2	5,2	6,0	6,8
Media la factorul B	12,7	12,5	12,4	12,4	11,6	10,3	10,8	11,8
DL _{0,05} = 2,52								
DL _{0,05} = 4,36 (pentru compararea mediilor private)								

Tabelul A 7.9. Dinamica rezervelor de apă productivă în straturile de 1-1,6 m pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018, mm

Anul agricol	Stratul, m	Varianta	Faza fenologică			Media
			Înfrățire	Înflorire	Maturitate deplină	
2014-2015	1	Martor	183,0	61,4	37,1	93,8
	1,6		277,8	142,3	94,5	171,5
	1	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	178,8	51,4	26,7	85,6
		N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	180,5	25,1	25,0	76,9
		N ₀ P _{3,5} K ₆₀	180,9	46,6	29,9	85,8
		N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	182,8	31,7	28,1	80,9
		N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	189,1	9,6	26,6	75,1
	1,6		290,1	46,9	78,4	138,5
	1	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	178,8	23,3	29,8	77,3
2015-2016	1	Martor	150,0	95,3	67,5	104,3
	1,6		227,8	150,7	111,2	163,2
	1	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	156,1	82,8	53,4	97,4
		N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	151,1	71,9	44,7	89,2
		N ₀ P _{3,5} K ₆₀	146,9	71,5	39,7	86,0
		N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	155,1	71,1	42,2	89,5
		N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	155,0	69,4	37,1	87,2
	1,6		225,8	116,0	63,6	135,1
	1	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	164,4	67,2	48,9	93,5
2016-2017	1	Martor	126,3	62,0	54,9	81,1
	1,6		169,9	115,5	97,6	127,7
	1	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	121,7	43,1	42,2	69,0
		N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	132,5	26,6	41,0	66,7
		N ₀ P _{3,5} K ₆₀	116,5	45,4	50,3	70,7
		N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	116,6	47,3	33,6	65,8
		N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	124,1	29,1	31,8	61,7
	1,6		163,1	67,3	47,7	92,7
	1	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	120,3	35,3	32,4	62,7
2017-2018	1	Martor	111,7	38,3	40,3	63,4
	1,6		185,7	91,3	86,9	121,3
	1	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	108,8	42,7	35,4	62,3
		N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	102,7	49,6	34,3	62,2
		N ₀ P _{3,5} K ₆₀	95,2	49,4	41,9	62,2
		N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	103,3	39,1	31,1	57,8
		N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	92,3	35,6	25,9	51,3
	1,6		161,2	83,0	57,8	100,7
	1	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	92,9	38,7	29,9	53,8
Media 2014-2018	1	Martor	142,8	64,3	50,0	85,7
	1,6		215,3	125,0	97,6	145,9
	1	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	141,4	55,0	39,4	78,6
		N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	141,7	43,3	36,3	73,8
		N ₀ P _{3,5} K ₆₀	134,9	53,2	40,5	76,2
		N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	139,5	47,3	33,8	73,5
		N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	140,1	35,9	30,4	68,8
	1,6		210,1	78,3	61,9	116,7
	1	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	139,1	41,1	35,3	71,8

Tabelul A 7.10. Conținutul de humus în sol la fertilizarea cu diferite doze de îngrășămintă în asolament, %

$t_{0,05} = 4,30$

Îngrășămintă (Factor A)	Anul (Factor B)	Adâncimea, cm		Suma, %	Media, %	$\pm$, m, %	CV, %	Criteriul Student	
		0-20	20-40					Deviere, %	t_f
Martor (N₀P₀K₀)	2015	3,47	3,10	6,57	3,29	$\pm 0,19$	7,99	-	față de martor
	2016	3,18	2,69	5,87	2,94	$\pm 0,25$	11,93		
	2017	3,28	2,85	6,13	3,07	$\pm 0,22$	10,05		
	2018	3,49	2,89	6,38	3,19	$\pm 0,30$	13,31		
N₁₂₀P_{1,5}K₆₀	2015	3,39	3,09	6,48	3,24	$\pm 0,16$	6,78	-0,04	-0,15
	2016	3,32	2,92	6,24	3,12	$\pm 0,20$	9,11	+0,19*	0,44
	2017	3,25	2,68	5,93	2,97	$\pm 0,29$	13,70	-0,10	-0,21
	2018	3,61	3,08	6,69	3,35	$\pm 0,27$	11,36	+0,15	0,31
N₁₂₀P_{2,5}K₆₀	2015	3,53	3,14	6,67	3,34	$\pm 0,20$	8,40	+0,05	0,15
	2016	3,36	2,89	6,25	3,13	$\pm 0,24$	10,69	+0,19*	0,42
	2017	3,23	2,70	5,93	2,97	$\pm 0,27$	12,75	-0,10	-0,22
	2018	3,64	3,03	6,67	3,34	$\pm 0,31$	13,02	+0,15	0,28
N₀P_{3,5}K₆₀	2015	3,49	3,15	6,64	3,32	$\pm 0,17$	7,29	+0,04	0,11
	2016	3,40	3,05	6,45	3,23	$\pm 0,18$	7,75	+0,29**	0,74
	2017	3,37	2,67	6,04	3,02	$\pm 0,35$	16,42	-0,04	-0,09
	2018	3,63	2,96	6,59	3,30	$\pm 0,34$	14,38	+0,11	0,19
N₆₀P_{3,5}K₆₀	2015	3,72	3,43	7,15	3,58	$\pm 0,15$	5,82	+0,29**	1,05
	2016	3,39	2,75	6,14	3,07	$\pm 0,32$	14,81	+0,14	0,25
	2017	3,21	2,73	5,94	2,97	$\pm 0,24$	11,52	-0,10	-0,38
	2018	3,63	3,05	6,68	3,34	$\pm 0,29$	12,40	+0,15	0,29
N₁₂₀P_{3,5}K₆₀	2015	3,73	3,36	7,09	3,55	$\pm 0,19$	7,60	+0,26**	0,83
	2016	3,49	3,10	6,59	3,30	$\pm 0,20$	8,37	+0,36**	0,89
	2017	3,21	2,72	5,93	2,97	$\pm 0,25$	11,80	-0,10	-0,23
	2018	3,65	3,07	6,72	3,36	$\pm 0,29$	12,32	+0,17	0,33
N₁₈₀P_{3,5}K₆₀	2015	3,62	3,31	6,93	3,47	$\pm 0,16$	6,49	+0,18*	0,62
	2016	3,49	2,87	6,36	3,18	$\pm 0,31$	13,82	+0,25**	0,48
	2017	3,24	2,67	5,91	2,96	$\pm 0,29$	13,81	-0,11	-0,23
	2018	3,56	2,91	6,47	3,24	$\pm 0,33$	14,29	+0,04	0,08

Îngrășămintă	Factor B (Anul)				Suma A
Factor A	2015	2016	2017	2018	
Martor	6,57	5,87	6,26	6,38	25,08
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	6,48	6,24	5,93	6,69	25,34
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	6,67	6,25	5,93	6,67	25,52
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	6,64	6,45	6,04	6,59	25,72
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	7,15	6,14	5,94	6,68	25,91
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	7,09	6,59	6,00	6,72	26,40
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	6,93	6,36	5,91	6,47	25,67
Suma B	47,53	43,90	42,01	46,20	179,64

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate, v	Pătratul mediu, s ²	Relațiile dispersiei	
				Ff	teoretice 0,05
Totală	5,288	55	0,10	-	-
Repetiții	3,332	1	3,33		
Variante	1,749	27	0,06	8,75	1,95
Factor A	0,13	6	0,022	2,93	2,47
Factor B	1,28	3	0,427	57,60	2,98
AB	0,33	18	0,02	2,48	2,15
Reziduuri	0,2	27	0,007	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	$S_x =$	0,06	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	$S_x, \% =$	1,90		
Eroarea diferenței mediilor	$S_d =$	0,09	0,04	0,03
	$DL_{0,05} =$	0,18	0,09	0,07
	$DL_{0,05} (\%) =$	5,5	2,75	2,08

Acțiunea fertilizatoare a îngrășămintelor minerale în anii agricoli 2014–2018 asupra conținutului mediu de humus în stratul arabil pe cernoziomul carbonatic, %

Îngrășămintele (A)	Anul agricol (B)				Media la factorul A ($DL_{0,05}=0,09$)	Deviere, %
	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018		
Martor	3,29	2,94	3,07	3,19	3,12	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,24	3,12	2,97	3,35	3,17	0,05
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,34	3,13	2,97	3,34	3,20	0,07
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,32	3,23	3,02	3,30	3,22	0,10*
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,58	3,07	2,97	3,34	3,24	0,12**
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	3,55	3,30	2,97	3,36	3,30	0,17**
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	3,47	3,18	2,96	3,24	3,21	0,09*
Media la factorul B	3,40	3,14	2,99	3,30	3,21	-
$DL_{0,05} = 0,07$						
$DL_{0,05} = 0,18$ (pentru compararea mediilor private)						

Tabelul A 7.11. Dinamica conținutului și rezervelor de humus pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Anul	Faza fenologică						Media pe faze, %		Rezervele de humus în stratul 0-40 cm
		Înfrățire		Înflorire		Maturitate deplină				
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
Martor	2015	3,69	3,38	3,38	2,82	3,35	3,09	3,47	3,10	163
	2016	3,15	2,69	3,07	2,48	3,33	2,89	3,18	2,69	146
	2017	3,11	2,72	3,35	2,68	3,39	3,15	3,28	2,85	153
	2018	3,45	2,52	3,48	3,02	3,55	3,14	3,49	2,89	159
	Media	3,35	2,83	3,32	2,75	3,41	3,07	-	-	155
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2015	3,55	3,03	3,27	3,06	3,36	3,18	3,39	3,09	161
	2016	3,17	2,81	3,22	2,75	3,58	3,21	3,32	2,92	155
	2017	3,36	2,94	3,12	2,41	3,26	2,68	3,25	2,68	148
	2018	3,51	2,72	3,69	3,18	3,64	3,33	3,61	3,08	166
	Media	3,40	2,86	3,33	2,85	3,46	3,10	-	-	158
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	2015	3,55	3,03	3,48	3,10	3,57	3,29	3,53	3,14	166
	2016	3,21	2,90	3,34	2,86	3,52	2,91	3,36	2,89	155
	2017	3,24	2,93	3,19	2,54	3,26	2,64	3,23	2,70	145
	2018	3,62	2,69	3,72	3,26	3,59	3,14	3,64	3,03	166
	Media	3,41	2,89	3,43	2,94	3,49	3,00	-	-	158
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,73	3,10	3,24	3,10	3,50	3,25	3,49	3,15	165
	2016	3,21	2,86	3,36	2,86	3,62	3,42	3,40	3,05	160
	2017	3,26	2,79	3,43	2,54	3,42	2,69	3,37	2,67	150
	2018	3,56	2,72	3,70	3,11	3,63	3,05	3,63	2,96	164
	Media	3,41	2,87	3,43	2,90	3,54	3,10	-	-	160
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,83	3,66	3,68	3,20	3,65	3,42	3,72	3,43	179
	2016	3,22	2,95	3,36	2,20	3,58	3,11	3,39	2,75	153
	2017	3,31	2,72	3,15	2,61	3,17	2,85	3,21	2,73	148
	2018	3,55	2,96	3,63	3,10	3,71	3,08	3,63	3,05	166
	Media	3,48	3,07	3,46	2,78	3,53	3,12	-	-	162
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,83	3,38	3,62	3,24	3,73	3,46	3,73	3,36	176
	2016	3,43	3,05	3,43	2,82	3,62	3,43	3,49	3,10	164
	2017	3,43	2,95	3,06	2,68	3,15	2,52	3,21	2,72	148
	2018	3,55	2,74	3,68	3,25	3,71	3,22	3,65	3,07	167
	Media	3,56	3,03	3,45	3,00	3,55	3,16	-	-	164
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,69	3,41	3,45	3,16	3,71	3,35	3,62	3,31	172
	2016	3,35	3,05	3,51	2,52	3,62	3,04	3,49	2,87	158
	2017	3,26	2,65	3,15	2,61	3,32	2,76	3,24	2,67	147
	2018	3,50	2,66	3,49	3,06	3,68	3,01	3,56	2,91	161
	Media	3,45	2,94	3,40	2,84	3,58	3,04	-	-	160

Tabelul A 7.12. Rezervele de azot nitric pe cernoziom carbonatic în anii agricoli 2014–2018, kg/ha

Adâncimea, cm	Înfrățire				Înflorire				Maturitate deplină			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
	Martor											
0-20	8,0	15,8	13,7	7,8	2,7	6,5	6,5	5,3	4,9	10,9	10,8	26,8
20-40	8,3	12,9	15,8	6,0	2,9	8,3	6,0	3,3	4,1	8,6	5,0	9,4
40-60	6,3	13,1	12,9	6,2	2,6	5,3	2,6	2,1	3,1	5,1	3,6	3,8
60-80	5,6	14,7	6,0	8,4	1,9	4,7	3,3	2,8	3,1	8,1	3,7	3,4
80-100	5,7	9,8	8,8	8,1	3,3	4,5	5,2	6,0	3,1	3,2	6,0	3,3
0-100	33,9	66,3	57,2	36,5	13,4	29,3	23,6	19,5	18,3	35,9	29,1	46,7
N₁₂₀P_{1,5}K₆₀												
0-20	6,7	16,6	39,7	8,6	41,0	30,0	13,6	45,8	17,4	17,3	5,8	52,0
20-40	8,3	26,2	11,9	9,0	20,7	9,2	5,8	6,5	16,3	9,0	4,4	8,4
40-60	13,5	27,7	69,5	9,4	11,4	9,4	3,7	1,8	10,4	4,7	3,4	4,3
60-80	6,0	12,0	23,6	21,9	8,2	10,4	2,3	5,2	15,2	5,8	3,7	4,3
80-100	13,3	17,2	15,0	27,1	7,2	14,3	4,3	11,3	12,1	5,0	3,4	14,2
0-100	47,8	99,7	159,7	76,0	88,5	73,3	29,7	70,6	71,4	41,8	20,7	83,2
N₁₂₀P_{2,5}K₆₀												
0-20	6,0	20,2	14,5	9,8	44,0	20,4	42,0	23,0	18,2	23,0	19,4	55,4
20-40	7,6	34,3	47,5	10,6	23,9	13,2	7,3	4,8	16,3	9,1	6,2	7,0
40-60	12,1	27,6	25,9	7,0	7,8	6,0	3,7	4,2	12,9	4,6	3,8	3,6
60-80	6,3	21,4	13,9	5,6	7,3	12,4	2,8	12,2	11,6	6,2	4,2	2,1
80-100	12,6	33,6	34,6	25,8	7,6	10,4	21,6	27,5	16,6	11,6	4,4	9,0
0-100	44,6	137,1	136,4	58,8	90,6	62,4	77,4	71,7	75,6	54,5	38,0	77,1
N₀P_{3,5}K₆₀												
0-20	8,8	11,6	14,0	8,3	3,2	6,4	3,8	8,4	10,6	19,1	7,9	22,1
20-40	8,2	11,5	15,8	8,5	2,9	7,0	3,5	4,1	7,0	11,4	4,8	2,6
40-60	5,6	13,1	17,4	5,3	1,8	8,5	2,3	6,9	3,0	5,6	4,4	2,3
60-80	4,9	10,3	7,9	5,4	2,5	3,7	1,9	3,1	3,1	3,6	4,2	1,8
80-100	5,0	18,2	9,8	9,4	5,3	3,4	3,5	5,1	5,6	4,0	4,8	1,9
0-100	32,5	64,7	64,9	36,9	15,7	29,0	15,0	27,6	29,3	43,7	26,1	30,7
N₆₀P_{3,5}K₆₀												
0-20	6,2	13,2	17,6	8,6	23,8	14,4	37,2	15,1	15,6	13,6	10,0	55,4
20-40	7,6	14,8	15,7	7,8	5,9	9,0	10,0	5,4	11,1	8,6	5,0	3,5
40-60	8,4	23,0	13,1	6,9	2,4	7,1	3,2	5,2	4,3	6,8	4,8	2,1
60-80	7,1	29,3	8,5	7,7	3,1	4,8	4,9	11,8	4,3	4,6	6,6	2,5
80-100	9,8	14,3	14,9	16,2	3,2	7,1	3,5	19,4	5,6	4,8	8,3	13,0
0-100	39,1	94,6	69,8	47,2	38,4	42,4	58,8	56,9	40,9	38,4	34,7	76,5
N₁₂₀P_{3,5}K₆₀												
0-20	8,1	22,6	25,6	11,2	27,6	35,0	14,6	38,2	27,0	32,4	24,2	59,6
20-40	12,0	20,5	18,1	10,8	20,0	12,5	5,0	10,6	11,1	11,9	6,6	25,6
40-60	9,2	34,3	7,4	7,2	17,4	15,9	5,2	7,2	4,3	14,8	3,6	3,9
60-80	10,6	33,0	13,9	19,4	11,5	12,1	4,3	7,5	5,6	8,6	4,6	3,7
80-100	27,0	27,4	13,0	29,8	2,4	14,2	7,2	23,1	8,6	16,5	6,4	11,0
0-100	66,9	137,8	78,0	78,4	78,9	89,7	36,3	121,6	56,6	84,2	45,4	103,8
N₁₈₀P_{3,5}K₆₀												
0-20	2,7	23,0	42,8	10,6	31,2	27,7	13,8	28,9	60,0	33,7	26,5	64,6
20-40	2,1	25,2	11,5	9,8	30,0	10,3	9,0	9,6	20,6	17,2	9,7	8,5
40-60	7,7	38,3	13,0	11,6	23,1	8,0	5,9	7,4	9,8	12,6	7,3	2,7
60-80	10,5	26,4	9,5	16,4	19,7	21,0	5,2	8,0	7,3	11,3	14,9	1,8
80-100	52,5	28,1	6,5	29,4	13,3	60,7	2,0	8,4	11,9	21,5	9,8	5,2
0-100	75,5	141,0	83,3	77,8	117,3	127,7	35,9	62,3	109,6	96,3	68,2	82,8

S_x = 2,04 kg/ha N-NO₃, S_x (%) = 16,22%, DL_{0,05} = 5,70 kg/ha, DL_{0,05} (%) = 45,40%

Tabelul A 7.13. Conținutul de azot nitric în sol la fertilizarea cu diferite doze de îngrășămintă în asolament, mg/100 g de sol

$t_{0,05} = 2,31$

Îngrășă mintă (Factor A)	Anul (Factor B)	Adâncimea, cm					Suma, mg/100 g de sol	Media, mg/100 g de sol	±, m, mg/100 g de sol	CV, %	Criteriul Student t _f
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)	2015	0,22	0,20	0,15	0,14	0,15	0,86	0,17	± 0,02	27,58	față de martor
	2016	0,46	0,40	0,31	0,35	0,22	1,74	0,35	± 0,05	31,02	
	2017	0,43	0,36	0,25	0,17	0,25	1,46	0,29	± 0,05	35,26	
	2018	0,56	0,25	0,16	0,19	0,22	1,38	0,28	± 0,07	59,59	
N₁₂₀P_{1,5}K₆₀	2015	0,91	0,60	0,45	0,38	0,41	2,75	0,55	± 0,10	40,97	0,28
	2016	0,89	0,62	0,58	0,39	0,51	2,99	0,60	± 0,10	36,36	0,19
	2017	0,82	0,31	1,07	0,42	0,32	2,94	0,59	± 0,16	60,26	0,15
	2018	1,48	0,32	0,20	0,40	0,66	3,06	0,61	± 0,25	90,70	0,11
N₁₂₀P_{2,5}K₆₀	2015	0,95	0,64	0,42	0,32	0,46	2,79	0,56	± 0,13	52,75	0,24
	2016	0,88	0,79	0,53	0,56	0,78	3,54	0,71	± 0,08	26,18	0,31
	2017	1,06	0,85	0,47	0,29	0,84	3,51	0,70	± 0,17	54,65	0,23
	2018	1,23	0,30	0,19	0,26	0,78	2,76	0,55	± 0,23	94,96	0,09
N₀P_{3,5}K₆₀	2015	0,32	0,24	0,14	0,14	0,20	1,04	0,21	± 0,06	61,38	0,02
	2016	0,52	0,42	0,38	0,25	0,36	1,93	0,39	± 0,04	25,68	0,03
	2017	0,36	0,34	0,34	0,20	0,25	1,49	0,30	± 0,03	23,31	0,01
	2018	0,54	0,21	0,19	0,13	0,21	1,28	0,26	± 0,08	66,18	-0,01
N₆₀P_{3,5}K₆₀	2015	0,63	0,33	0,19	0,18	0,23	1,56	0,31	± 0,09	67,84	0,07
	2016	0,57	0,45	0,52	0,54	0,37	2,45	0,49	± 0,04	16,55	0,15
	2017	0,90	0,43	0,30	0,28	0,37	2,28	0,46	± 0,13	66,17	0,08
	2018	1,10	0,22	0,18	0,28	0,61	2,39	0,48	± 0,18	85,83	0,07
N₁₂₀P_{3,5}K₆₀	2015	0,87	0,57	0,39	0,35	0,47	2,65	0,53	± 0,10	41,90	0,26
	2016	1,25	0,60	0,83	0,68	0,73	4,09	0,82	± 0,12	33,18	0,37
	2017	0,90	0,40	0,21	0,29	0,33	2,13	0,43	± 0,13	67,13	0,07
	2018	1,52	0,63	0,24	0,39	0,80	3,58	0,72	± 0,26	82,54	0,15
N₁₈₀P_{3,5}K₆₀	2015	1,37	0,76	0,52	0,48	0,97	4,10	0,82	± 0,19	50,88	0,41
	2016	1,18	0,73	0,82	0,82	1,53	5,08	1,02	± 0,16	34,27	0,51
	2017	1,16	0,42	0,37	0,41	0,26	2,62	0,52	± 0,17	70,80	0,11
	2018	1,45	0,37	0,28	0,34	0,54	2,98	0,60	± 0,24	90,24	0,11

Varianța	Factor B (Anul)				Suma A
Factor A	2015	2016	2017	2018	
Martor	0,86	1,74	1,46	1,38	5,44
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2,75	2,99	2,94	3,06	11,74
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	2,79	3,54	3,51	2,76	12,60
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	1,04	1,93	1,49	1,28	5,74
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	1,56	2,45	2,28	2,39	8,68
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2,56	4,09	2,13	3,58	12,36
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,10	5,08	2,62	2,98	14,78
Suma B	15,66	21,82	16,43	17,43	71,34

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice 0,05
Totală	14,514	139	0,10	-	-
Repetiții	5,077	4	1,27		
Variante	5,564	27	0,21	5,71	1,63
Factor A	3,84	6	0,640	17,72	2,19
Factor B	0,56	3	0,187	5,17	2,70
AB	1,17	18	0,07	1,80	1,85
Reziduuri	3,9	108	0,036	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x =	0,09	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	S _x , % =	16,66		
Eroarea diferenței mediilor	S _d =	0,12	0,06	0,05
	DL _{0,05} =	0,24	0,12	0,09
	DL _{0,05} (%) =	46,63	23,32	17,63

Acțiunea fertilizatoare a îngrășămintelor minerale în anii agricoli 2014–2018 asupra conținutului mediu de azot nitric în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic, mg/100 g de sol

Îngrășămintă (A)	Anul agricol (B)				Media la factorul A (DL _{0,05} =0,12)	Deviere, mg/100 g de sol
	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018		
Martor	0,17	0,35	0,29	0,28	0,27	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	0,55	0,60	0,59	0,61	0,59	0,32**
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	0,56	0,71	0,70	0,55	0,63	0,36**
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0,21	0,39	0,30	0,26	0,29	0,02
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	0,31	0,49	0,46	0,48	0,44	0,16
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	0,53	0,82	0,43	0,72	0,63	0,35**
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	0,82	1,02	0,52	0,60	0,74	0,47**
Media la factorul B	0,45	0,63	0,47	0,50	0,51	-
DL_{0,05} = 0,09						
DL_{0,05} = 0,24 (pentru compararea mediilor private)						

Tabelul A 7.14. Conținutul de azot nitric în sol la fertilizarea cu diferite doze de îngrășăminte în asolament, kg/ha

$t_{0,05} = 2,31$

Îngrășămintă (Factor A)	Anul (Factor B)	Adâncimea, cm					Suma, kg/ha	Media, kg/ha	±, m, kg/ha	CV, %	Criteriul Student
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100					t_f
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)	2015	5,2	5,1	4,0	3,5	4,0	21,8	4,36	± 0,40	20,58	față de martor
	2016	11,1	9,9	7,8	9,2	5,8	43,8	8,76	± 1,00	25,64	
	2017	10,3	8,9	6,4	4,3	6,7	36,6	7,32	± 1,20	36,59	
	2018	13,3	6,2	4,0	4,9	5,8	34,2	6,84	± 1,73	56,46	
N₁₂₀P_{1,5}K₆₀	2015	21,7	15,1	11,8	9,8	10,9	69,3	13,86	± 2,45	39,50	7,91
	2016	21,3	14,8	13,9	9,4	12,2	71,6	14,32	± 2,30	35,97	4,51
	2017	19,7	7,4	25,5	9,9	7,6	70,1	14,02	± 4,04	64,45	3,32
	2018	35,5	8,0	5,2	10,5	17,5	76,7	15,34	± 5,45	79,50	3,13
N₁₂₀P_{2,5}K₆₀	2015	22,7	15,9	10,9	8,4	12,3	70,2	14,04	± 2,77	44,11	7,48
	2016	21,2	18,9	12,7	13,3	18,5	84,6	16,92	± 1,70	22,50	8,48
	2017	25,3	20,3	11,1	7,0	20,2	83,9	16,78	± 3,51	46,84	5,67
	2018	29,4	7,5	4,9	6,6	20,8	69,2	13,84	± 4,81	77,75	2,61
N₀P_{3,5}K₆₀	2015	7,5	6,0	3,5	3,5	5,3	25,8	5,16	± 0,81	35,17	0,72
	2016	12,4	10,0	9,1	5,9	8,5	45,9	9,18	± 1,24	30,32	0,38
	2017	8,6	8,0	8,0	4,7	6,0	35,3	7,06	± 0,93	29,48	-0,20
	2018	12,9	5,1	4,8	3,4	5,5	31,7	6,34	± 1,79	63,20	-0,21
N₆₀P_{3,5}K₆₀	2015	15,2	8,2	5,0	4,8	6,2	39,4	7,88	± 2,09	59,32	2,20
	2016	13,7	10,8	12,3	12,9	8,7	58,4	11,68	± 0,94	17,92	3,35
	2017	21,6	10,2	7,0	6,7	8,9	54,4	10,88	± 2,93	60,31	1,84
	2018	26,4	5,6	4,7	7,3	16,2	60,2	12,04	± 4,13	76,74	1,95
N₁₂₀P_{3,5}K₆₀	2015	20,9	14,4	10,3	9,2	12,7	67,5	13,50	± 2,23	36,92	7,95
	2016	30,0	15,0	21,7	17,9	19,4	104,0	20,80	± 2,64	28,37	11,15
	2017	21,5	9,9	5,4	7,6	8,9	53,3	10,66	± 2,93	61,45	1,70
	2018	36,3	15,7	6,1	10,2	21,3	89,6	17,92	± 5,31	66,29	4,51
N₁₈₀P_{3,5}K₆₀	2015	31,3	17,6	13,5	12,5	25,9	100,8	20,16	± 3,67	40,65	12,90
	2016	28,1	17,6	19,6	19,6	36,8	121,7	24,34	± 3,82	35,10	12,82
	2017	27,7	10,1	8,7	9,9	6,1	62,5	12,50	± 4,15	74,18	2,34
	2018	34,7	9,3	7,2	8,7	14,3	74,2	14,84	± 5,23	78,80	2,96

Îngrășămintă	Factor B (Anul)				Suma A
Factor A	2015	2016	2017	2018	
Martor	21,8	43,8	36,6	34,2	136,4
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	69,3	71,6	70,1	76,7	287,7
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	70,2	84,6	83,9	69,2	307,9
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	25,8	45,9	35,3	31,7	138,7
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	39,4	58,4	54,4	60,2	212,4
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	67,5	104,0	53,3	89,6	314,4
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	100,8	121,7	62,5	74,2	359,2
Suma B	394,8	530,0	396,1	435,8	1756,7

Analiza varianței bifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice 0,05
Totală	8251,289	139	59,36	-	-
Repetiții	2710,753	4	677,69		
Variante	3304,449	27	122,39	5,91	1,63
Factor A	2377,28	6	396,213	19,14	2,19
Factor B	345,29	3	115,097	5,56	2,70
AB	581,87	18	32,33	1,56	1,85
Reziduuri	2236,1	108	20,705	1,00	*

		Totală	Factor A	Factor B și corelația AB
Eroarea mediei aritmetice a experienței	$S_x =$	2,04	-	-
Eroarea relativă, S_x (%)	$S_x, \% =$	16,22		
Eroarea diferenței mediilor	$S_d =$	2,88	1,44	1,09
	$DL_{0,05} =$	5,70	2,85	2,15
	$DL_{0,05} (\%) =$	45,40	22,71	17,16

Acțiunea fertilizatoare a îngrășămintelor minerale în anii agricoli 2014–2018 asupra conținutului mediu de azot nitric în stratul de 1 m pe cernoziomul carbonatic, kg/ha

Îngrășămintă (A)	Anul agricol (B)				Media la factorul A ($DL_{0,05}=2,85$)	Deviere, kg/ha
	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018		
Martor	4,36	8,76	7,32	6,84	6,82	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	13,86	14,32	14,02	15,34	14,39	7,57**
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	14,04	16,92	16,78	13,84	15,40	8,58**
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	5,16	9,18	7,06	6,34	6,94	0,11
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	7,88	11,68	10,88	12,04	10,62	3,80**
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	13,50	20,80	10,66	17,92	15,72	8,90**
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	20,16	24,34	12,50	14,84	17,96	11,14**
Media la factorul B	11,28	15,14	11,32	12,45	12,55	-
DL_{0,05} = 2,15						
DL_{0,05} = 5,70 (pentru compararea mediilor private)						

Tabelul A 7.15. Dinamica conținutului și rezervelor de fosfor mobil pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Anul	Faza fenologică						Media pe faze, mg/100 g de sol		Rezervele de P ₂ O ₅ în stratul 0-40 cm
		Înfrățire		Înflorire		Maturitate deplină				
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/ha
Martor	2015	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	0,8	1,1	1,0	52
	2016	1,4	1,0	1,1	0,7	1,0	0,5	1,2	0,7	47
	2017	1,1	0,6	0,8	0,4	0,8	0,4	0,9	0,5	35
	2018	1,1	0,7	0,8	0,7	1,2	0,6	1,0	0,7	42
	Media	1,2	0,9	1,0	0,7	1,0	0,6	1,1	0,7	44
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2015	1,1	0,9	1,0	0,8	1,0	0,6	1,0	0,8	45
	2016	1,7	0,9	1,6	0,9	1,5	0,6	1,6	0,8	59
	2017	1,5	0,7	1,1	0,3	1,1	0,3	1,2	0,4	40
	2018	1,4	0,8	1,1	0,7	1,1	0,8	1,2	0,8	49
	Media	1,4	0,8	1,2	0,7	1,2	0,6	1,3	0,7	48
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	2015	2,3	2,0	2,2	1,8	1,8	1,6	2,1	1,8	96
	2016	2,8	1,7	2,7	1,2	1,9	1,0	2,5	1,3	94
	2017	2,9	1,3	1,4	0,4	0,8	0,4	1,7	0,7	59
	2018	3,0	0,9	1,8	0,7	1,3	0,5	2,0	0,7	67
	Media	2,8	1,5	2,0	1,0	1,5	0,9	2,1	1,1	79
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,1	1,3	2,8	1,8	2,5	1,4	2,8	1,5	106
	2016	3,5	2,6	3,0	2,1	2,8	1,7	3,1	2,1	128
	2017	3,6	2,0	2,9	0,5	2,8	0,4	3,1	1,0	101
	2018	3,1	1,0	2,7	0,7	2,5	0,6	2,8	0,8	89
	Media	3,3	1,7	2,9	1,3	2,7	1,0	3,0	1,4	106
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,3	3,0	2,9	2,4	2,7	2,1	3,0	2,5	136
	2016	3,5	1,3	2,9	0,9	2,5	0,8	3,0	1,0	99
	2017	3,7	1,1	3,1	0,4	3,0	0,4	3,3	0,6	96
	2018	3,5	1,0	2,9	0,6	2,5	0,4	3,0	0,7	91
	Media	3,5	1,6	3,0	1,1	2,7	0,9	3,1	1,2	106
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	3,3	2,0	3,1	1,9	2,7	1,8	3,0	1,9	121
	2016	3,4	2,0	3,1	1,6	2,8	1,0	3,1	1,5	114
	2017	3,6	1,6	2,8	0,6	2,6	0,4	3,1	0,9	99
	2018	3,8	1,2	3,0	0,8	2,5	1,1	3,1	1,0	101
	Media	3,5	1,7	3,0	1,2	2,7	1,1	3,1	1,3	109
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	2,7	2,1	2,5	2,2	2,3	1,6	2,5	2,0	111
	2016	3,4	1,7	3,2	1,2	2,1	1,1	3,1	1,3	109
	2017	3,5	1,2	3,1	0,5	2,8	0,5	3,1	0,7	94
	2018	3,5	0,9	3,0	0,7	2,6	0,6	3,0	0,7	91
	Media	3,3	1,5	3,0	1,2	2,5	1,0	2,9	1,2	101

S_x = 0,40 mg/100 g de sol P₂O₅, S_x, (%) = 23,45%, DL_{0,05} = 1,17 mg/100 g de sol, DL_{0,05}, (%) = 67,97%

Tabelul A 7.16. Conținutul de humus (X, %) și fosfor mobil (Y, mg/100 g de sol) în sol în anii agricoli 2014–2018

Faza	Varianta	Nr.	X (%)	Y (mg/100 g de sol)	X ²	Y ²	XY
Înfrățire	Martor	1	3,35	1,2	11,22	1,44	4,02
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2	3,40	1,4	11,56	1,96	4,76
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3	3,41	2,8	11,63	7,84	9,55
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	4	3,44	3,3	11,83	10,89	11,35
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	5	3,48	3,5	12,11	12,25	12,18
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	6	3,56	3,5	12,67	12,46	12,46
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	7	3,45	3,3	11,90	10,89	11,39
Înflorire	Martor	8	3,32	1,0	11,02	1,00	3,32
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	9	3,33	1,2	11,09	1,44	4,00
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	10	3,43	2,0	11,76	4,00	6,86
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	11	3,43	2,9	11,76	8,41	9,95
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	12	3,46	3,0	11,97	9,00	10,38
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	13	3,45	3,0	11,90	9,00	10,35
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	14	3,40	3,0	11,56	9,00	10,20
Maturitate deplină	Martor	15	3,41	1,0	11,63	1,00	3,41
	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	16	3,46	1,2	11,97	1,44	4,15
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	17	3,49	1,5	12,18	2,25	5,24
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	18	3,54	2,7	12,53	7,29	9,56
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	19	3,53	2,7	12,46	7,29	9,53
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	20	3,55	2,7	12,60	7,29	9,59
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	21	3,58	2,5	12,82	6,25	8,95
Suma			72,47	49,4	250,20	132,18	171,18

Corelația

	X (%)	Y (mg/100 g de sol)
X (%)	1	
Y (mg/100 g de sol)	0,538	1

Rezultate sumare

Statistici de regresie	
Coeficientul de corelație (r)	0,538
Pătratul coeficientului de corelație (r ²)	0,289
Pătratul coeficientului de corelație (r ²) ajustat	0,252
Eroarea standard	0,773
Mărimea eșantionului (Observații)	21

Analiza de dispersie bifactorială (ANOVA)

	df	SS	MS	F	Semnificația F
Regresia	1	4,623	4,623	7,740	0,012
Restanța	19	11,349	0,597		
Total	20	15,972			

	Coeficie nții	Eroarea standard	t- Stat	P- valoare	Inferioară 95%	Superioară 95%	Inferioară 95%	Superioară 95%
Y- intersecție	-20,38	8,17	-2,49	0,022	-37,479	-3,273	-37,479	-3,273
X (%)	6,59	2,37	2,78	0,012	1,631	11,541	1,631	11,541

Tabelul 7.17. Dinamica conținutului și rezervelor de potasiu schimbabil pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Varianta	Anul	Faza fenologică						Media pe faze, mg/100 g de sol		Rezervele de K ₂ O în stratul 0-40 cm
		Înfrățire		Înflorire		Maturitate deplină				
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/ha
Martor	2015	41	30	38	36	36	32	38	33	1802
	2016	37	30	40	32	37	24	38	29	1701
	2017	37	29	34	25	36	29	36	28	1624
	2018	37	29	36	29	38	26	37	28	1650
	Media	38	30	37	31	37	28	37	30	1694
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2015	38	30	36	28	38	34	37	31	1726
	2016	38	30	35	29	37	27	37	29	1675
	2017	39	30	33	28	33	30	35	29	1624
	2018	36	28	38	27	35	27	36	27	1599
	Media	38	30	36	28	36	30	36	29	1656
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	2015	38	22	32	30	38	30	36	27	1599
	2016	39	30	36	26	36	27	37	28	1650
	2017	39	30	30	27	31	28	33	28	1548
	2018	40	28	37	26	34	21	37	25	1574
	Media	39	28	34	27	35	27	36	27	1593
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	41	28	40	38	40	32	40	33	1853
	2016	40	32	35	26	37	25	37	28	1650
	2017	41	32	33	26	33	30	36	29	1650
	2018	38	30	34	23	35	23	36	25	1548
	Media	40	31	36	28	36	28	37	29	1675
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	42	34	38	36	38	29	39	33	1827
	2016	33	25	31	25	36	27	33	26	1497
	2017	36	27	34	28	31	29	34	28	1574
	2018	39	27	35	24	35	23	36	25	1548
	Media	38	28	35	28	35	27	36	28	1612
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	38	35	38	32	35	28	37	32	1751
	2016	39	31	33	25	38	31	37	29	1675
	2017	38	31	35	29	31	25	35	28	1599
	2018	41	28	38	28	35	32	38	29	1701
	Media	39	31	36	29	35	29	37	30	1682
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2015	37	32	36	34	34	25	36	30	1675
	2016	39	32	31	27	38	29	36	29	1650
	2017	38	30	33	26	33	30	35	29	1624
	2018	40	32	35	27	35	25	37	28	1650
	Media	39	32	34	29	35	27	36	29	1650

S_x = 0,94 mg/100 g de sol K₂O, S_x (%) = 2,89%, DL_{0,05} = 2,73 mg/100 g de sol, DL_{0,05} (%) = 8,39%

Tabelul A 7.18. Dinamica indicilor agrochimici medii pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2014–2018

Adâncimea	Înfrățire	Înflorire	Maturitate	Media, %	Înfrățire	Înflorire	Maturitate	Media, mg/100 g de sol	Înfrățire	Înflorire	Maturitate	Media, mg/100 g de sol	Înfrățire	Înflorire	Maturitate	Media, mg/100 g de sol
	Humus				N-NO ₃				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	cm	%			mg/100 g de sol				mg/100 g de sol				mg/100 g de sol			
Martor																
0-20	3,35	3,32	3,41	3,36	0,47	0,22	0,56	0,42	1,2	1,0	1,0	1,1	38	37	37	37
20-40	2,83	2,75	3,07	2,88	0,43	0,20	0,28	0,30	0,9	0,7	0,6	0,7	30	31	28	30
40-60	2,34	2,26	2,20	2,26	0,37	0,12	0,15	0,21	0,6	0,6	0,6	0,6	26	25	25	25
60-80	1,81	1,85	1,71	1,79	0,33	0,12	0,18	0,21	0,4	0,4	0,5	0,4	24	23	23	25
80-100	1,42	1,57	1,21	1,40	0,31	0,18	0,15	0,21	0,3	0,3	0,4	0,3	23	20	22	22
100-120	1,19	1,11	0,97	1,09	0,33	0,66	0,23	0,41	0,3	0,3	0,3	0,3	22	20	21	21
120-140	1,03	1,00	0,76	0,93	0,50	0,45	0,45	0,47	0,4	0,4	0,3	0,4	21	21	21	21
140-160	0,93	0,90	0,68	0,84	0,30	0,46	0,63	0,46	0,3	0,4	0,3	0,3	21	19	20	20
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀																
0-20	3,56	3,45	3,55	3,52	0,71	1,20	1,50	1,14	3,5	3,0	2,7	3,1	39	36	35	37
20-40	3,03	3,00	3,16	3,06	0,62	0,48	0,56	0,55	1,7	1,2	1,1	1,3	31	29	29	30
40-60	2,43	2,13	2,15	2,24	0,56	0,44	0,26	0,42	0,8	0,7	0,8	0,8	28	21	25	25
60-80	1,82	1,78	1,69	1,76	0,73	0,34	0,22	0,43	0,6	0,6	0,6	0,6	25	21	23	23
80-100	1,57	1,33	1,46	1,45	0,91	0,44	0,40	0,58	0,5	0,4	0,5	0,5	24	21	21	22
100-120	1,27	1,08	1,24	1,20	1,08	0,74	0,95	0,92	0,4	0,4	0,3	0,4	25	21	21	22
120-140	1,05	0,93	0,98	0,99	1,16	1,14	1,13	1,14	0,3	0,4	0,3	0,3	22	19	20	20
140-160	0,94	0,77	0,87	0,86	1,11	1,50	1,54	1,38	0,2	0,3	0,2	0,2	22	19	19	20

Anexa 8. Productivitatea grâului de toamnă, parametrii statistici, indicii de corelație și ecuațiile de regresie la fertilizarea cu îngrășăminte minerale

Tabelul A 8.1. Recolta grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2014–2015

Varianta	Repetiții, t/ha				Suma, t	Recolta, t/ha
	I	II	III	IV		
Martor	1,20	1,13	1,02	1,00	4,35	1,09
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	0,98	1,11	1,15	1,18	4,42	1,11
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	1,50	1,90	1,62	1,76	6,78	1,70
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	1,22	0,97	2,39	1,77	6,35	1,59
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	1,56	1,11	2,42	2,25	7,34	1,84
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	1,80	1,60	2,26	1,54	7,20	1,80
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	1,70	1,86	1,97	1,78	7,31	1,83
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	1,75	1,55	1,86	1,69	6,85	1,71
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	1,67	1,97	2,19	1,46	7,29	1,82
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	1,90	1,53	1,27	1,34	6,04	1,51
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	2,00	1,50	1,63	1,76	6,89	1,72
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2,58	1,94	1,66	2,21	8,39	2,10
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	2,22	2,08	1,67	2,04	8,01	2,00
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2,51	2,11	2,30	2,05	8,97	2,24
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2,18	2,05	2,51	2,26	9,00	2,25
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	2,39	2,52	1,80	1,88	8,59	2,15
Suma, t	29,16	26,93	29,72	27,97	113,78	1,78

Analiza varianței unifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	11,96	63	0,19	-	-
Repetiții	0,29	3	0,10		
Variante	7,15	15	0,48	4,75	2,00
Reziduuri	4,51	45	0,10	-	

		Total
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x (t)	0,16
Eroarea relativă	S _x (%)	8,91
Eroarea diferenței mediilor	S _d (t)	0,22
Diferența semnificativă limită	DL _{0,05} (t/ha)	0,46
Precizia relativă a experienței	DL _{0,05} (%)	25,69

**Tabelul A 8.2. Recolta grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic
în anul agricol 2015–2016**

Varianta	Repetiții, t/ha				Suma, t	Recolta, t/ha
	I	II	III	IV		
Martor	2,58	3,63	2,67	2,15	11,03	2,76
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	3,00	3,17	2,96	2,86	11,99	3,00
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,84	4,10	3,97	3,75	15,66	3,92
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	4,45	3,25	3,72	3,44	14,86	3,72
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,58	4,41	4,89	3,64	16,52	4,13
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	4,46	4,32	4,60	4,58	17,96	4,49
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,63	4,92	4,19	4,76	18,50	4,63
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	4,67	4,61	4,08	4,16	17,52	4,38
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	4,52	4,69	3,80	3,95	16,96	4,24
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,59	2,72	2,86	3,51	11,68	2,92
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	3,31	3,18	3,73	3,13	13,35	3,34
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,14	3,39	3,35	3,75	13,63	3,41
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	3,94	3,71	3,27	3,35	14,27	3,57
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5,61	3,88	4,43	3,77	17,69	4,42
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,66	4,71	4,46	4,97	18,80	4,70
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	4,39	4,04	5,06	4,44	17,93	4,48
Suma, t	63,37	62,73	62,04	60,21	248,35	3,88

Analiza varianței unifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice
					0,05
Totală	33,72	63	0,54	-	-
Repetiții	0,35	3	0,12		
Variante	25,21	15	1,68	9,27	2,00
Reziduuri	8,16	45	0,18	-	

		Total
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x (t)	0,21
Eroarea relativă	S _x (%)	5,49
Eroarea diferenței mediilor	S _d (t)	0,30
Diferența semnificativă limită	DL _{0,05} (t/ha)	0,61
Precizia relativă a experienței	DL _{0,05} (%)	15,83

**Tabelul A 8.3. Recolta grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic
în anul agricol 2016–2017**

Varianta	Repetiții, t/ha				Suma, t	Recolta, t/ha
	I	II	III	IV		
Martor	3,21	3,30	3,10	3,28	12,89	3,22
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	4,87	4,81	4,86	4,90	19,44	4,86
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	5,44	5,11	5,85	5,37	21,77	5,44
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	5,29	5,93	5,58	5,94	22,74	5,69
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	6,13	5,90	5,34	5,74	23,11	5,78
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	5,52	6,21	5,47	5,49	22,69	5,67
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5,63	5,71	5,56	5,14	22,04	5,51
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	5,61	5,58	4,94	5,98	22,11	5,53
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	6,00	6,07	5,53	4,61	22,21	5,55
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3,74	3,90	3,75	3,89	15,28	3,82
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	4,73	4,57	4,53	4,77	18,60	4,65
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	5,15	5,00	5,05	4,64	19,84	4,96
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	5,26	4,94	4,50	5,66	20,36	5,09
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5,54	4,83	5,44	5,14	20,95	5,24
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	5,59	5,36	5,96	5,46	22,37	5,59
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	5,56	6,15	5,65	5,78	23,14	5,79
Suma, t	83,27	83,37	81,11	81,79	329,54	5,15

Analiza varianței unifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _f	teoretice 0,05
Totală	36,83	63	0,58	-	-
Repetiții	0,23	3	0,08		
Variante	31,75	15	2,12	19,63	2,00
Reziduuri	4,85	45	0,11	-	

		Total
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x (t)	0,16
Eroarea relativă	S _x (%)	3,19
Eroarea diferenței mediilor	S _d (t)	0,23
Diferența semnificativă limită	DL _{0,05} (t/ha)	0,47
Precizia relativă a experienței	DL _{0,05} (%)	9,20

**Tabelul A 8.4. Recolta grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic
în anul agricol 2017–2018**

Varianta	Repetiții, t/ha				Suma, t	Recolta, t/ha
	I	II	III	IV		
Martor	2,41	2,99	2,53	2,95	10,88	2,72
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	2,68	3,53	3,02	3,07	12,30	3,08
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2,66	3,25	2,16	3,78	11,85	2,96
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	3,18	4,07	4,46	3,58	15,29	3,82
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,50	4,06	3,91	3,45	14,92	3,73
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	5,31	4,49	3,56	4,12	17,48	4,37
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5,88	4,56	4,99	3,68	19,11	4,78
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	5,36	4,1	4,16	3,45	17,07	4,27
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	4,61	4,48	4,39	3,14	16,62	4,16
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,92	2,99	3,48	4,5	13,89	3,47
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	5,04	3,09	3,43	3,32	14,88	3,72
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,99	4,09	4,09	3,94	16,11	4,03
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	4,47	3,01	3,58	3,74	14,80	3,70
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	3,84	3,46	5,05	4,15	16,50	4,13
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	5,36	3,64	4,76	4,15	17,91	4,48
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	3,46	2,18	2,46	3,15	11,25	2,81
Suma, t	64,67	57,99	60,03	58,17	240,86	3,76

Analiza varianței unifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				Ff	teoretice
Totală	42,81	63	0,68	-	0,05
Repetiții	1,81	3	0,60		-
Variante	22,87	15	1,52	3,79	2,00
Reziduuri	18,12	45	0,40	-	

		Total
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x (t)	0,32
Eroarea relativă	S _x (%)	8,43
Eroarea diferenței mediilor	S _d (t)	0,45
Diferența semnificativă limită	DL _{0,05} (t/ha)	0,92
Precizia relativă a experienței	DL _{0,05} (%)	24,32

**Tabelul A 8.5. Recolta grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic
în anii agricoli 2014–2018**

Varianta	Repetiții, t/ha				Suma, t	Recolta, t/ha
	I	II	III	IV		
Martor	2,35	2,76	2,33	2,35	9,79	2,45
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	2,88	3,16	3,00	3,00	12,04	3,01
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3,36	3,59	3,40	3,67	14,02	3,51
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	3,54	3,56	4,04	3,68	14,82	3,71
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,69	3,87	4,14	3,77	15,47	3,87
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	4,27	4,16	3,97	3,93	16,33	4,08
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,46	4,26	4,18	3,84	16,74	4,19
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	4,35	3,96	3,76	3,82	15,89	3,97
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	4,20	4,30	3,98	3,29	15,77	3,94
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2,79	2,79	2,84	3,31	11,73	2,93
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	3,77	3,09	3,33	3,25	13,44	3,36
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3,72	3,61	3,54	3,64	14,51	3,63
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	3,97	3,44	3,26	3,70	14,37	3,59
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,38	3,57	4,31	3,78	16,04	4,01
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4,45	3,94	4,42	4,21	17,02	4,26
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	3,95	3,72	3,74	3,81	15,22	3,81
Suma, t	60,13	57,78	58,24	57,05	233,20	3,64

Analiza varianței unifactoriale (ANOVA)					
Dispersia	Suma pătratelor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Relațiile dispersiei	
				F _t	teoretice
					0,05
Totală	17,89	63	0,28	-	-
Repetiții	0,32	3	0,11		
Variante	14,85	15	0,99	16,37	2,00
Reziduuri	2,72	45	0,06	-	

		Total
Eroarea mediei aritmetice a experienței	S _x (t)	0,12
Eroarea relativă	S _x (%)	3,37
Eroarea diferenței mediilor	S _d (t)	0,17
Diferența semnificativă limită	DL _{0,05} (t/ha)	0,35
Precizia relativă a experienței	DL _{0,05} (%)	9,73

Tabelul A 8.6. Influența îngrășămintelor minerale asupra recoltei boabelor grâului de toamnă de soiul „Sorrail” pe cernoziomul carbonatic

Varianta	Anul agricol	Recolta, t/ha	Devierea medie pătrată, t	Coeficient de variație, %	Precizia mediei aritmetice %	Criteriul Student	
						t _f	t _{f0,05}
Martor	2014-2015	1,09±0,05	0,10	8,76	4,38	față de martor	-
	2015-2016	2,76±0,31	0,62	22,64	11,32		
	2016-2017	3,22±0,05	0,09	2,80	1,40		
	2017-2018	2,72±0,15	0,29	10,78	5,39		
Media	2014-2018	2,45±0,10	0,21	8,52	4,26		
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	2014-2015	1,11±0,04	0,09	7,98	3,99	0,05	<2,45
	2015-2016	3,00±0,06	0,13	4,31	2,16	0,45	<2,46
	2016-2017	4,86±0,02	0,04	0,77	0,38	22,94	>2,45
	2017-2018	3,08±0,17	0,35	11,36	5,68	0,80	<2,45
Media	2014-2018	3,01±0,06	0,11	3,82	1,91	2,28	<2,45
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2014-2015	1,70±0,09	0,17	10,21	5,11	1,60	<2,45
	2015-2016	3,92±0,08	0,15	3,90	1,95	2,18	<2,45
	2016-2017	5,44±0,15	0,31	5,63	2,82	13,16	>2,45
	2017-2018	2,96±0,35	0,70	23,76	11,88	0,35	<2,45
Media	2014-2018	3,51±0,07	0,15	4,25	2,12	4,14	>2,45
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	2014-2015	1,59±0,32	0,63	39,73	19,87	0,52	<2,45
	2015-2016	3,72±0,26	0,53	14,18	7,09	1,30	<2,45
	2016-2017	5,69±0,16	0,31	5,49	2,74	14,86	>2,45
	2017-2018	3,82±0,28	0,56	14,64	7,32	2,17	<2,45
Media	2014-2018	3,71±0,12	0,23	6,25	3,13	4,26	>2,45
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	2014-2015	1,84±0,30	0,61	33,23	16,62	0,89	<2,45
	2015-2016	4,13±0,32	0,63	15,30	7,65	1,81	<2,45
	2016-2017	5,78±0,17	0,33	5,76	2,88	14,93	>2,45
	2017-2018	3,73±0,15	0,30	8,08	4,04	2,68	>2,45
Media	2014-2018	3,87±0,10	0,20	5,07	2,53	5,22	>2,45
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	2014-2015	1,80±0,16	0,33	18,12	9,06	1,33	<2,45
	2015-2016	4,49±0,06	0,13	2,88	1,44	3,39	>2,45
	2016-2017	5,67±0,18	0,36	6,33	3,16	13,42	>2,45
	2017-2018	4,37±0,37	0,73	16,80	8,40	2,99	>2,45
Media	2014-2018	4,08±0,08	0,16	3,93	1,96	6,57	>2,45
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	1,83±0,06	0,12	6,31	3,15	2,46	>2,45
	2015-2016	4,63±0,16	0,31	6,77	3,39	3,17	>2,45
	2016-2017	5,51±0,13	0,25	4,61	2,31	15,43	>2,45
	2017-2018	4,78±0,46	0,92	19,16	9,58	3,44	>2,45
Media	2014-2018	4,19±0,13	0,26	6,17	3,09	5,91	>2,45
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	2014-2015	1,71±0,06	0,13	7,54	3,77	1,92	<2,45
	2015-2016	4,38±0,15	0,30	6,92	3,46	2,74	>2,45
	2016-2017	5,53±0,22	0,43	7,81	3,91	10,86	>2,45
	2017-2018	4,27±0,40	0,80	18,66	9,33	2,63	>2,45
Media	2014-2018	3,97±0,13	0,27	6,68	3,34	5,02	>2,45

Continuare tabelul A 8.6

Influența fertilizatoare a îngrășămintelor minerale asupra recoltei boabelor grâului de toamnă de soiul „Sorrail” pe cernoziomul carbonatic

Varianta	Anul agricol	Recolta, t/ha	Devierea medie pătrată, t	Coeficient de variație, %	Precizia mediei aritmetice %	Criteriul Student	
						t _f	t _{0,05}
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	2014-2015	1,82±0,16	0,32	17,68	8,84	1,39	<2,45
	2015-2016	4,24±0,22	0,43	10,18	5,09	2,26	<2,45
	2016-2017	5,55±0,34	0,67	12,11	6,06	7,81	>2,45
	2017-2018	4,16±0,34	0,68	16,43	8,21	2,64	>2,45
Media	2014-2018	3,94±0,23	0,46	11,54	5,77	3,73	>2,45
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	1,61±0,14	0,28	18,69	9,35	0,77	<2,45
	2015-2016	2,92±0,20	0,41	13,99	6,99	0,22	<2,45
	2016-2017	3,82±0,04	0,09	2,27	1,14	5,89	>2,45
	2017-2018	3,47±0,36	0,73	20,99	10,50	1,18	<2,45
Media	2014-2018	2,93±0,13	0,25	8,62	4,31	1,41	<2,45
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	1,72±0,11	0,21	12,38	6,19	1,50	<2,45
	2015-2016	3,34±0,14	0,27	8,16	4,08	0,94	<2,45
	2016-2017	4,65±0,06	0,12	2,53	1,27	13,39	>2,45
	2017-2018	3,72±0,45	0,89	23,96	11,98	1,44	<2,45
Media	2014-2018	3,36±0,15	0,29	8,66	4,33	2,66	>2,45
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	2,10±0,20	0,39	18,70	9,35	1,84	<2,45
	2015-2016	3,41±0,13	0,25	7,43	3,72	1,08	<2,45
	2016-2017	4,96±0,11	0,22	4,48	2,24	11,93	>2,45
	2017-2018	4,03±0,04	0,07	1,86	0,93	5,17	>2,45
Media	2014-2018	3,63±0,04	0,07	2,06	1,03	5,58	>2,45
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	2,00±0,12	0,23	11,72	5,86	2,23	<2,45
	2015-2016	3,57±0,16	0,31	8,79	4,39	1,29	<2,45
	2016-2017	5,09±0,25	0,49	9,65	4,83	7,50	>2,45
	2017-2018	3,70±0,30	0,60	16,25	8,13	1,81	<2,45
Media	2014-2018	3,59±0,15	0,31	8,62	4,31	3,34	>2,45
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	2,24±0,10	0,21	9,26	4,63	3,20	>2,45
	2015-2016	4,42±0,42	0,84	19,05	9,53	2,00	<2,45
	2016-2017	5,24±0,16	0,32	6,12	3,06	11,30	>2,45
	2017-2018	4,13±0,34	0,68	16,44	8,22	2,58	>2,45
Media	2014-2018	4,01±0,20	0,40	9,91	4,95	4,24	>2,45
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2014-2015	2,25±0,10	0,19	8,61	4,31	3,35	>2,45
	2015-2016	4,70±0,10	0,21	4,47	2,23	3,58	>2,45
	2016-2017	5,59±0,13	0,26	4,69	2,35	15,82	>2,45
	2017-2018	4,48±0,37	0,75	16,65	8,32	3,20	>2,45
Media	2014-2018	4,26±0,12	0,24	5,54	2,77	6,43	>2,45
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	2014-2015	2,15±0,18	0,36	16,79	8,39	2,07	<2,45
	2015-2016	4,48±0,21	0,42	9,46	4,73	2,69	<2,45
	2016-2017	5,79±0,13	0,26	4,49	2,24	17,58	>2,45
	2017-2018	2,81±0,30	0,59	21,11	10,55	0,15	<2,45
Media	2014-2018	3,81±0,05	0,10	2,74	1,37	6,03	>2,45

Tabelul A 8.7. Indicii calitativi ai boabelor grâului de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic

Varianta	Indice biochimic		Producția de proteină brută	Adaos la 1 kg de azot	
	Conținut de proteină brută	Conținut de proteină netă		boabe	proteine
	%		kg/ha	kg	
	Anul agricol 2014-2015				
Martor	9,6	8,9	105	-	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	10,2	9,5	173	5,1	1,7
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	11,7	10,9	215	6,3	2,1
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	9,7	9,0	146	-	-
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	9,7	9,0	204	16,8	1,9
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	10,0	9,3	224	9,7	2,1
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	12,4	11,6	279	6,4	2,7
Anul agricol 2015-2016					
Martor	9,9	9,3	275	-	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	9,7	9,0	379	9,7	1,4
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	10,7	9,9	442	11,4	1,6
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	10,1	9,4	294	-	-
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	11,3	10,5	386	10,8	1,4
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	11,1	10,3	491	13,9	1,8
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	10,5	9,7	492	10,8	1,8
Anul agricol 2016-2017					
Martor	10,4	9,7	335	-	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	10,6	9,9	579	18,5	1,7
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	11,6	10,8	671	21,3	2,0
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	10,4	9,7	398	-	-
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	9,7	9,0	482	29,0	1,4
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	12,7	11,8	666	16,8	2,0
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	12,1	11,3	678	13,2	2,0
Anul agricol 2017-2018					
Martor	10,1	9,4	275	-	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	9,8	9,1	291	2,0	1,1
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	10,9	10,1	405	8,4	1,5
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	10,2	9,5	355	-	-
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	11,5	10,7	464	21,8	1,7
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	11,3	10,5	466	11,8	1,7
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	10,6	9,9	477	9,8	1,7
Media anilor agricoli 2014-2018					
Martor	10,0	9,3	245	-	-
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	10,1	9,4	352	8,8	1,4
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	11,2	10,4	434	11,8	1,8
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	10,1	9,4	297	-	-
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	10,6	9,8	383	19,7	1,6
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	11,3	10,5	452	13,0	1,8
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	11,4	10,6	487	10,1	2,0

Tabelul A 8.8. Influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic

Doze			Total, NPK	Recolta	Spor de recoltă	Recuperarea din îngrășăminte cu boabe			
N	P	K				N	P	K	Total
kg/ha			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/kg			
Anul agricol 2014-2015									
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)			-	1088,5	-	-	-	-	-
120	23	60	203	1692,5	604,0	1,8	0,3	0,9	3,0
120	135	60	315	1834,5	746,0	0,9	1,0	0,5	2,4
42,7	185	60	287,7	1510,8	422,3	0,2	0,9	0,3	1,5
60	160	60	280	2096,0	1007,5	0,8	2,1	0,8	3,6
120	210	60	390	2241,8	1153,3	0,9	1,6	0,5	3,0
180	176	60	416	2247,0	1158,5	1,2	1,2	0,4	2,8
Anul agricol 2015-2016									
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)			-	2755,8	-	-	-	-	-
120	30	60	210	3914,5	1158,7	3,2	0,8	1,6	5,5
120	128	60	308	4128,5	1372,7	1,7	1,9	0,9	4,5
58,8	255	60	373,8	2921,8	166,0	0,1	0,3	0,1	0,4
60	225	60	345	3408,3	652,5	0,3	1,2	0,3	1,9
120	293	60	473	4422,0	1666,2	0,9	2,2	0,4	3,5
180	263	60	503	4699,3	1943,5	1,4	2,0	0,5	3,9
Anul agricol 2016-2017									
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)			-	3221,6	-	-	-	-	-
120	45	60	225	5443,8	2222,2	5,3	2,0	2,6	9,9
120	75	60	255	5776,8	2555,2	4,7	2,9	2,4	10,0
22,5	98	60	180,5	3818,0	596,4	0,4	1,8	1,1	3,3
60	85	60	205	4960,6	1739,0	2,5	3,5	2,5	8,5
120	60	60	240	5238,0	2016,4	4,2	2,1	2,1	8,4
180	90	60	330	5593,0	2371,4	3,9	2,0	1,3	7,2
Anul agricol 2017-2018									
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)			-	2720,0	-	-	-	-	-
120	55	60	235	2961,6	241,6	0,5	0,2	0,3	1,0
120	120	60	300	3727,7	1007,7	1,3	1,3	0,7	3,4
53,7	233	60	346,7	3472,0	752,0	0,3	1,5	0,4	2,2
60	240	60	360	4026,8	1306,8	0,6	2,4	0,6	3,6
120	184	60	364	4125,6	1405,6	1,3	2,0	0,6	3,9
180	221	60	461	4477,0	1757,0	1,5	1,8	0,5	3,8
Media 2014-2018									
Martor (N ₀ P ₀ K ₀)			-	2446,5	-	-	-	-	-
120	38	60	218	3503,1	1056,6	2,7	0,8	1,3	4,8
120	87	60	267	3866,9	1420,4	2,4	1,7	1,2	5,3
44,4	193	60	297,2	2930,7	484,2	0,2	1,1	0,3	1,6
60	178	60	298	3622,9	1176,5	0,8	2,4	0,8	4,0
120	187	60	367	4006,9	1560,4	1,4	2,2	0,7	4,3
180	188	60	428	4254,1	1807,6	1,8	1,9	0,6	4,2

Tabelul A 8.9. Indicii calitativi (X) și recolta (Y) grâului de toamnă pe cernoziom carbonatic în anii agricoli 2014–2018 din zona de sud

Anul agricol	Perioada agricolă 2014-2018					Y _x (teoretic)
	X ₁ %	X ₂ t/ha	X ₃ g	X ₄ g/l	Y t/ha	
Martor	20,2	0,49	31,6	712,3	2,45	2,51
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	27,3	0,82	33,0	707,1	3,01	2,99
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	28,4	0,99	33,5	715,4	3,50	3,50
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	27,9	1,03	33,8	727,0	3,70	3,69
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	27,3	1,06	33,5	714,3	3,87	3,83
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	27,6	1,13	34,7	721,9	4,08	4,07
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	26,9	1,13	34,7	717,8	4,19	4,15
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	26,3	1,04	35,6	728,2	3,97	3,93
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	26,7	1,05	35,7	725,4	3,94	3,92
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	21,2	0,62	35,3	713,7	2,93	2,94
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	26,1	0,88	34,4	717,3	3,36	3,33
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	25,2	0,91	35,6	713,5	3,62	3,58
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	26,9	0,97	37,3	732,7	3,59	3,63
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	28,8	1,15	35,2	716,3	4,01	4,07
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	29,4	1,25	34,9	717,4	4,26	4,35
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	27,6	1,05	34,8	711,4	3,81	3,81

Corelația X₁-X₄ cu Y: (anii agricoli 2014–2018)

	X ₁ , %	X ₂ , t/ha	X ₃ , g	X ₄ , g/l	Y, t/ha
X ₁ , %	1	0,904	0,261	0,220	0,775
X ₂ , t/ha	0,904	1	0,423	0,350	0,968
X ₃ , g	0,261	0,423	1	0,599	0,517
X ₄ , g/l	0,220	0,350	0,599	1	0,410
Y, t/ha	0,775	0,968	0,517	0,410	1

Regresia liniară dintre variabile X₁-X₄ cu Y: (anii agricoli 2014– 2018)

Rezultate sumare

Statistici de regresie	
Coeficientul de corelație (r)	0,997
Pătratul coeficientului de corelație (r ²)	0,993
Pătratul coeficientului de corelație ajustat (r ²)	0,991
Eroarea standard	0,047
Mărimea eșantionului (Observații)	16

Analiza de dispersie multifactorială (ANOVA)

	df	SS	MS	F	Semnificația F
Regresia	4	3,695	0,924	418,29	6,2E-12
Restanța	11	0,024	0,002		
Total	15	3,720			

	Coeficienții	Eroarea standard	t-Stat	P-valoare	Inferioară 95%	Superioară 95%
Y (t/ha) – recolta grâului de toamnă, boabe	2,308	1,446	1,596	0,139	-0,874	5,489
X ₁ (%) – conținut de gluten umed	-0,101	0,012	-8,428	0,0	-0,128	-0,075
X ₂ (t/ha) – randament de gluten umed	3,566	0,164	21,787	0,0	3,205	3,926
X ₃ (g) – masa a 1.000 de boabe	0,022	0,012	1,827	0,095	-0,005	0,049
X ₄ (g/l) – masa hectolitrică	-0,0003	0,002	-0,146	0,887	-0,005	0,005

Regresia liniară dintre variabile X₁-X₃ cu Y: (anii agricoli 2014–2018)

Rezultate sumare

Statistici de regresie	
Coeficientul de corelație (r)	0,997
Pătratul coeficientului de corelație (r ²)	0,993
Pătratul coeficientului de corelație ajustat (r ²)	0,992
Eroarea standard	0,045
Mărimea eșantionului (Observații)	16

Analiza de dispersie multifactorială (ANOVA)

	df	SS	MS	F	Semnificația F
Regresia	3	3,695	1,232	607,242	2,3E-13
Restanța	12	0,024	0,002		
Total	15	3,720			

	Coeficienții	Eroarea standard	t-Stat	P-valoare	Inferioară 95%	Superioară 95%
Y (t/ha) – recolta grâului de toamnă, boabe	2,107	0,419	5,032	0,0003	1,194	3,019
X ₁ (%) – conținut de gluten umed	-0,101	0,011	-8,817	1,4E-06	-0,126	-0,076
X ₂ (%) – randament de gluten umed	3,562	0,155	22,933	2,8E-11	3,224	3,901
X ₃ (g) – masa a 1.000 de boabe	0,022	0,010	2,108	0,057	-7E-04	0,044

Regresia liniară dintre variabile X₁-X₂ cu Y: (anii agricoli 2014–2018)

Rezultate sumare

Statistici de regresie	
Coeficientul de corelație (r)	0,996
Pătratul coeficientului de corelație (r ²)	0,991
Pătratul coeficientului de corelație ajustat (r ²)	0,990
Eroarea standard	0,051
Mărimea eșantionului (Observații)	16

Analiza de dispersie multifactorială (ANOVA)

	df	SS	MS	F	Semnificația F
Regresia	2	3,686	1,843	718,397	4,9E-14
Restanța	13	0,033	0,003		
Total	15	3,720			

	<i>Coeficienții</i>	<i>Eroarea standard</i>	<i>t-Stat</i>	<i>P-valoare</i>	<i>Inferioară 95%</i>	<i>Superioară 95%</i>
Y (t/ha) – recolta grâului de toamnă, boabe	2,907	0,199	14,617	1,9E-09	2,477	3,336
X1 (%) – conținut de gluten umed	-0,109	0,012	-8,861	7,2E-07	-0,135	-0,082
X2 (t/ha) – randament de gluten umed	3,710	0,156	23,799	4,2E-12	3,373	4,047

Regresia liniară dintre variabile X_1 cu Y: (anii agricole 2014–2018)

Rezultate sumare

<i>Statistici de regresie</i>	
Coeficientul de corelație (r)	0,775
Pătratul coeficientului de corelație (r^2)	0,600
Pătratul coeficientului de corelație ajustat (r^2)	0,572
Eroarea standard	0,326
Mărimea eșantionului (Observații)	16

Analiza de dispersie multifactorială (ANOVA)

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Semnificația F</i>
Regresia	1	2,233	2,233	21,031	0,0004
Restanța	14	1,487	0,106		
Total	15	3,720			

	<i>Coeficienții</i>	<i>Eroarea standard</i>	<i>t-Stat</i>	<i>P-valoare</i>	<i>Inferioară 95%</i>	<i>Superioară 95%</i>
Y (t/ha) – recolta grâului de toamnă boabe	-0,461	0,899	-0,513	0,616	-2,389	1,466
X_1 (%) – conținut de gluten umed	0,155	0,034	4,586	0,000	0,082	0,227

Anexa 9. Eficacitatea economică a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”, în zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anilor agricoli 2014–2018

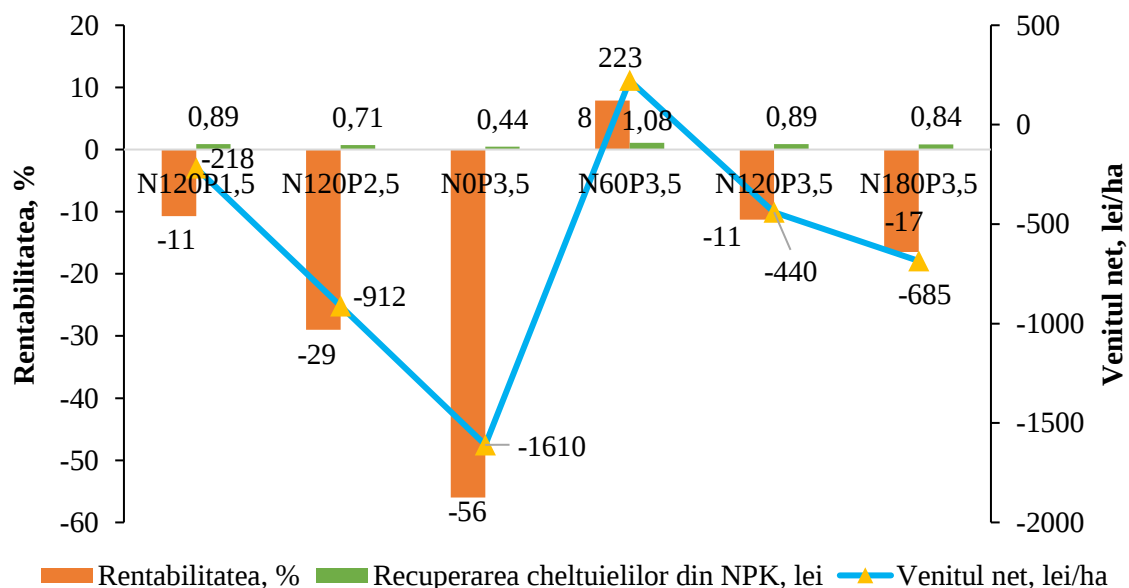


Figura A 9.1. Eficacitatea economică a grâului de toamnă la fertilizarea minerală pe fond K₆₀ la variantele: N₁₂₀P_{1,5} (23)K₆₀, N₁₂₀P_{2,5} (135)K₆₀, N₀ (43)P_{3,5} (185)K₆₀, N₆₀P_{3,5} (160)K₆₀, N₁₂₀P_{3,5} (210)K₆₀, N₁₈₀P_{3,5} (176)K₆₀ pe cernoziom carbonatic din zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anului agricol 2014–2015

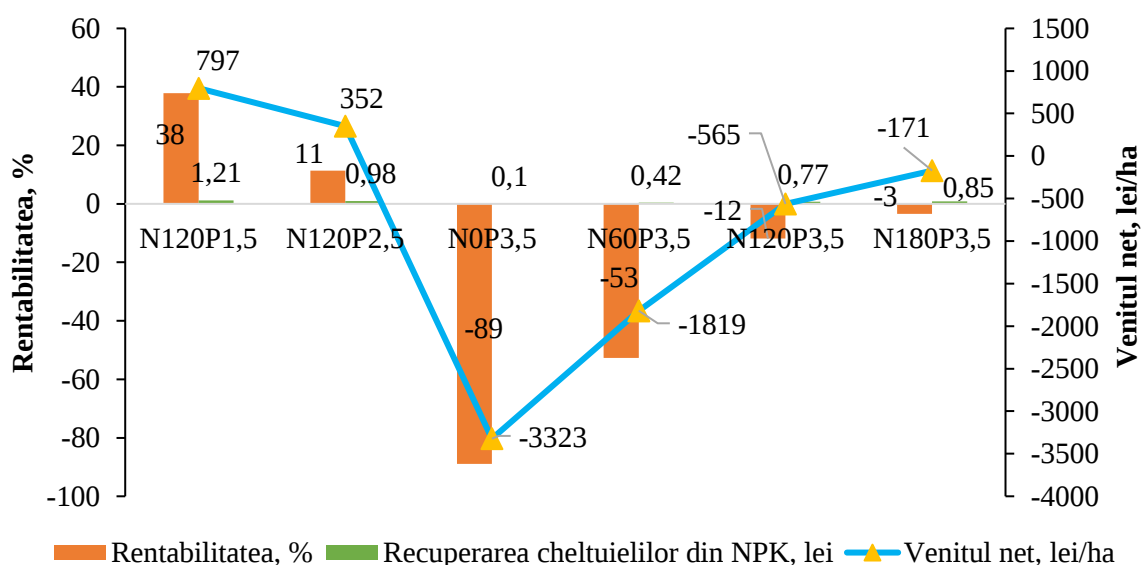


Figura A 9.2. Eficacitatea economică a grâului de toamnă la fertilizarea minerală pe fond K₆₀ la variantele: N₁₂₀P_{1,5} (30)K₆₀, N₁₂₀P_{2,5} (128) K₆₀, N₀ (59)P_{3,5} (255) K₆₀, N₆₀P_{3,5} (225) K₆₀, N₁₂₀P_{3,5} (293) K₆₀, N₁₈₀P_{3,5} (263) K₆₀ pe cernoziom carbonatic din zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anului agricol 2015–2016

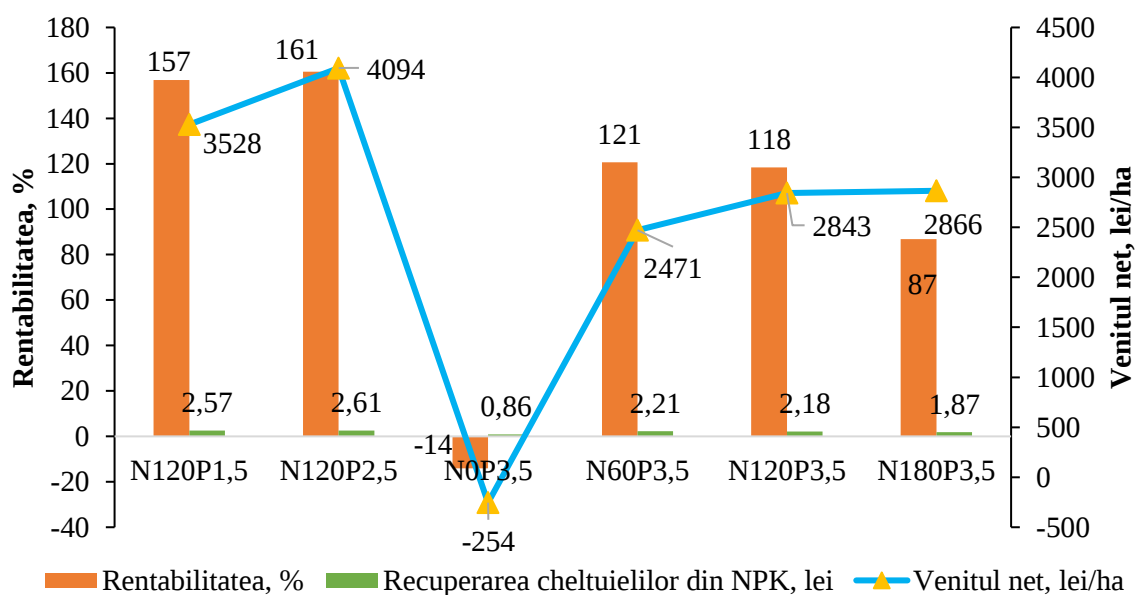


Figura A 9.3. Eficacitatea economică a grâului de toamnă la fertilizarea minerală pe fond K₆₀ la variantele: N₁₂₀P_{1,5} (45)K₆₀, N₁₂₀P_{2,5} (75) K₆₀, N₀ (23)P_{3,5} (98) K₆₀, N₆₀P_{3,5} (85)K₆₀, N₁₂₀P_{3,5} (60) K₆₀, N₁₈₀P_{3,5} (90) K₆₀ pe cernoziom carbonatic din zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anului agricol 2016–2017

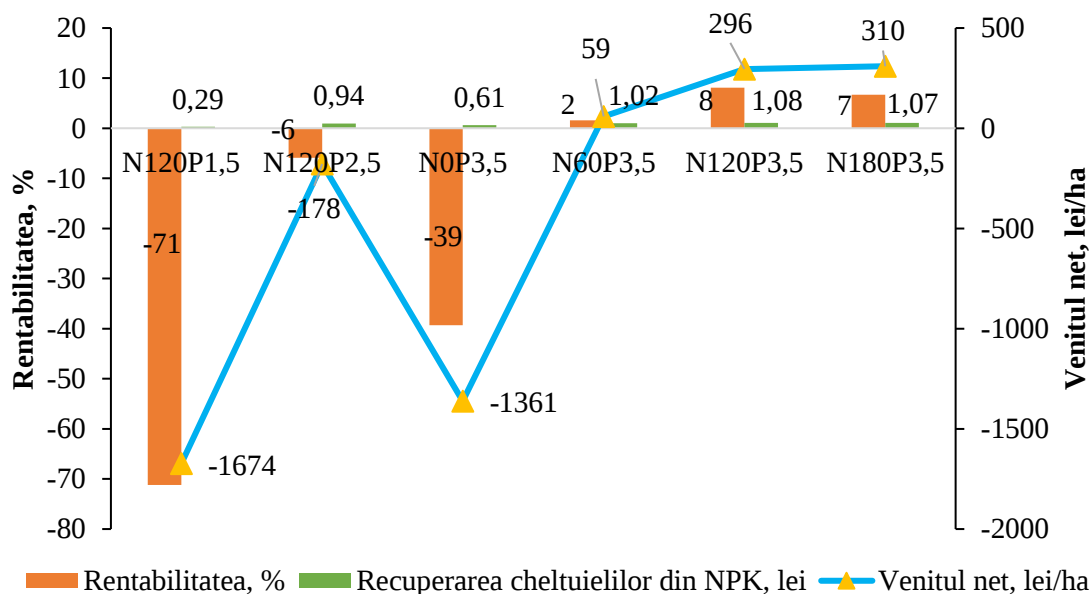


Figura A 9.4. Eficacitatea economică a grâului de toamnă la fertilizarea minerală pe fond K₆₀ la variantele: N₁₂₀P_{1,5} (55)K₆₀, N₁₂₀P_{2,5} (120) K₆₀, N₀ (54)P_{3,5} (233) K₆₀, N₆₀P_{3,5} (240) K₆₀, N₁₂₀P_{3,5} (184) K₆₀, N₁₈₀P_{3,5} (221) K₆₀ pe cernoziom carbonatic din zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anului agricol 2017–2018

Notă: cifrele din paranteze P_{1,5} (23) reprezintă cantitatea de fosfor exprimată în substanță activă.

Tabelul A 9.1. Eficacitatea economică a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă pe cernoziomul carbonatic în condițiile anilor agricoli 2014–2018

Varianta	Doze			Sporul total de recoltă	Costul sporului de recoltă	Cheltuieli ce țin de utilizarea îngrășămintelor	Venitul net la 1 ha	Rentabilitatea	Recuperarea cheltuielilor la aplicarea îngrășămintelor
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
	kg/ha., s.a.								
Anul agricol 2014-2015									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	23	60	604,0	1812	2030	-218	-11	0,89
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	135	60	746,0	2238	3150	-912	-29	0,71
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	185	60	422,3	1267	2877	-1610	-56	0,44
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	160	60	1007,5	3022	2800	223	8	1,08
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	210	60	1153,3	3460	3900	-440	-11	0,89
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	176	60	1158,5	3476	4160	-685	-17	0,84
Anul agricol 2015-2016									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	30	60	1158,7	2549	2100	797	38	1,21
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	128	60	1372,7	3020	3080	352	11	0,98
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	255	60	166,0	365	3738	-3323	-89	0,10
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	225	60	652,5	1435	3450	-1819	-53	0,42
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	293	60	1666,2	3666	4730	-565	-12	0,77
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	263	60	1943,5	4276	5030	-171	-3	0,85
Anul agricol 2016-2017									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	45	60	2222,2	5778	2250	3528	157	2,57
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	75	60	2555,2	6643	2550	4093	161	2,61
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	98	60	596,4	1551	1805	-254	-14	0,86
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	85	60	1739,0	4521	2050	2471	121	2,21
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	60	60	2016,4	5243	2400	2843	118	2,18
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	90	60	2371,4	6166	3300	2866	87	1,87
Anul agricol 2017-2018									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	55	60	241,6	676	2350	-1674	-71	0,29
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	120	60	1007,7	2822	3000	-178	-6	0,94
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	233	60	752,0	2106	3467	-1361	-39	0,61
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	240	60	1306,8	3659	3600	59	2	1,02
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	184	60	1405,6	3936	3640	296	8	1,08
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	221	60	1757,0	4920	4610	310	7	1,07
Media 2014-2018									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	38	60	1056,6	2879	2183	697	32	1,32
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	87	60	1420,4	3871	2665	1206	45	1,45
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	193	60	484,2	1319	2972	-1652	-56	0,44
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	178	60	1176,5	3206	2975	231	8	1,08
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	187	60	1560,4	4252	3668	584	16	1,16
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	188	60	1807,6	4926	4275	651	15	1,15

Anexa 10. Eficacitatea energetică a îngrășămintelor minerale la grâul de toamnă în zona de sud a Republicii Moldova în condițiile anilor agricoli 2014–2018

Tabelul A 10.1. Eficacitatea energetică la fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășămintă minerale pe fond K₆₀ pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2014–2015

Nr.	Indicii energetici	Anul agricol 2014-2015					
		N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}
		N ₁₁₅ P ₂₃	N ₈₉ P ₁₃₅	N ₄₃ P ₁₈₅	N ₂₃ P ₁₆₀	N ₇₂ P ₂₁	N ₁₃₉ P ₁₇₆
Intrări de energie							
1.	Sporul de recoltă, t/ha	0,60	0,75	0,42	1,01	1,15	1,16
2.	Puterea calorică a recoltei totale, MJ/kg	63844	64511	59814	77108	89655	93518
3.	Conținutul de energie în sporul de recoltă, MJ	9942	12279	6951	16583	18983	19069
Cheltuieli de energie							
4.	Fertilizat cu îngrășămintă minerale, total (t/ha)	0,477	0,618	0,456	0,475	0,712	0,843
	azotate (azotat de amoniu – 34,4%), t/ha	0,333	0,258	0	0,067	0,208	0,405
	potasice (clorură de potasiu – 60%), t/ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	complexe (amofos – 12:52), t/ha	0,044	0,260	0,356	0,308	0,404	0,338
5.	Producția de îngrășămintă s.f., total, MJ/ha	11850	16255	11491	12015	19205	23092
	azotat de amoniu – 34,4%, MJ/ha	9986	7735	0	2009	6228	12135
	clorură de potasiu – 60%, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	amofos – 12:52, MJ/ha	1367	8022	10993	9508	12479	10458
6.	Producția de îngrășămintă s.a., total, MJ/ha	11638	15162	10026	10741	17523	21661
	azotate, MJ/ha	9955	7712	0	2003	6210	12099
	potasice, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	complexe, MJ/ha	1185	6953	9528	8240	10815	9064
7.	Lucrări de transport, încărcare-descărcare, depozitare și aplicarea îngrășămintelor, MJ/ha	897	1162	857	893	1339	1585
8.	Fertilizat cu îngrășămintă minerale, total, MJ/ha	114	148	109	114	171	202
	Fertilizarea de bază, MBU-5, MJ/ha	35	86	109	98	121	105
	Fertilizarea suplimentară cu azot, MBU-5, MJ/ha	80	62	0	16	50	97
9.	Recoltarea directă a sporului de recoltă, MJ/t	84	105	59	141	160	162
10.	Transportul recoltei suplimentare, MJ/t	124	155	87	209	238	240
11.	Prelucrarea recoltei suplimentare, MJ/t	315	394	220	530	604	609
12.	Cheltuieli totale de energie, MJ/ha	13172	17126	11358	12628	20034	24458
13.	Coeficientul bioenergetic, un.	0,75	0,72	0,61	1,31	0,95	0,78

Tabelul A 10.2. Eficacitatea energetică la fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășăminte minerale pe fond K₆₀ pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2015–2016

Nr.	Indicii energetici	Anul agricol 2015-2016					
		N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}
		N ₁₁₃ P ₃₀	N ₉₀ P ₁₂₈	N ₅₉ P ₂₅₅	N ₈ P ₂₂₅	N ₅₂ P ₂₉₃	N ₁₁₉ P ₂₆₃
Intrări de energie							
1.	Sporul de recoltă, t/ha	1,16	1,37	0,17	0,65	1,67	1,94
2.	Puterea calorică a recoltei totale, MJ/kg	157463	171323	162245	173247	189457	189505
3.	Conținutul de energie în sporul de recoltă, MJ	19072	22595	2732	10740	27426	31990
Cheltuieli de energie							
4.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, t/ha	0,487	0,609	0,590	0,556	0,815	0,953
	azotate (azotat de amoniu – 34,4%), t/ha	0,329	0,263	0	0,023	0,152	0,347
	potasice (clorură de potasiu – 60%), t/ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	complexe (amofos – 12:52), t/ha	0,058	0,246	0,490	0,433	0,563	0,506
5.	Producția de îngrășăminte s.f., total, MJ/ha	12126	15980	15651	14571	22470	26514
	azotat de amoniu – 34,4%, MJ/ha	9845	7876	0	703	4561	10387
	clorură de potasiu – 60%, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	amofos – 12:52, MJ/ha	1783	7606	15153	13370	17411	15628
6.	Producția de îngrășăminte s.a., total, MJ/ha	11858	14942	13631	12787	20134	24398
	azotate, MJ/ha	9815	7852	0	701	4547	10356
	potasice, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	complexe, MJ/ha	1545	6592	13133	11588	15090	13545
7.	Lucrări de transport, încărcare-descărcare, depozitare și aplicarea îngrășămintelor, MJ/ha	916	1145	1109	1045	1532	1792
8.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, MJ/ha	117	146	142	133	196	229
	Fertilizarea de bază, MBU-5, MJ/ha	38	83	142	128	159	145
	Fertilizarea suplimentară cu azot, MBU-5, MJ/ha	79	63	0	6	36	83
9.	Recoltarea directă a sporului de recoltă, MJ/t	162	191	24	91	233	270
10.	Transportul recoltei suplimentare, MJ/t	240	283	35	134	345	401
11.	Prelucrarea recoltei suplimentare, MJ/t	609	719	89	341	877	1018
12.	Cheltuieli totale de energie, MJ/ha	13901	17427	15029	14532	23317	28109
13.	Coeficientul bioenergetic, un.	1,37	1,30	0,18	0,74	1,18	1,14

Tabelul A 10.3. Eficacitatea energetică la fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășăminte minerale pe fond K₆₀ pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2016–2017

Nr.	Indicii energetici	Anul agricol 2016-2017					
		N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}
		N ₁₁₀ P ₄₅	N ₁₀₃ P ₇₅	N ₂₃ P ₉₈	N ₄₀ P ₈₅	N ₁₀₆ P ₆₀	N ₁₅₉ P ₉₀
Intrări de energie							
1.	Sporul de recoltă, t/ha	2,22	2,56	0,60	1,74	2,02	2,37
2.	Puterea calorică a recoltei totale, MJ/kg	282868	261452	237965	238614	245541	248231
3.	Conținutul de energie în sporul de recoltă, MJ	36577	42059	9817	28624	33190	39033
Cheltuieli de energie							
4.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, t/ha	0,506	0,543	0,288	0,380	0,524	0,736
	azotate (azotat de amoniu – 34,4%), t/ha	0,319	0,299	0	0,117	0,309	0,463
	potasice (clorură de potasiu – 60%), t/ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	complexe (amofos– 12:52), t/ha	0,087	0,144	0,188	0,163	0,115	0,173
5.	Producția de îngrășăminte s.f., total, MJ/ha	12716	13896	6321	9065	13306	19709
	azotat de amoniu – 34,4%, MJ/ha	9544	8941	0	3516	9242	13863
	clorură de potasiu – 60%, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	amofos – 12:52, MJ/ha	2674	4457	5823	5051	3565	5348
6.	Producția de îngrășăminte s.a., total, MJ/ha	12330	13274	5545	8381	12802	18954
	azotate, MJ/ha	9515	8914	0	3505	9214	13821
	potasice, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	complexe, MJ/ha	2318	3863	5047	4378	3090	4635
7.	Lucrări de transport, încărcare-descărcare, depozitare și aplicarea îngrășămintelor, MJ/ha	951	1021	541	714	985	1384
8.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, (MJ/ha)	121	130	69	91	126	177
	Fertilizarea de bază, MBU-5, MJ/ha	45	59	69	63	52	66
	Fertilizarea suplimentară cu azot, MBU-5, MJ/ha	77	72	0	28	74	111
9.	Recoltarea directă a sporului de recoltă, MJ/t	309	357	84	243	282	330
10.	Transportul recoltei suplimentare, MJ/t	459	529	124	360	418	490
11.	Prelucrarea recoltei suplimentare, MJ/t	1165	1344	315	913	1060	1244
12.	Cheltuieli totale de energie, MJ/ha	15337	16655	6678	10702	15673	22579
13.	Coeficientul bioenergetic, un.	2,38	2,53	1,47	2,67	2,12	1,73

Tabelul A 10.4. Eficacitatea energetică la fertilizarea grâului de toamnă cu îngrășăminte minerale pe fond K₆₀ pe cernoziomul carbonatic în anul agricol 2017–2018

Nr.	Indicii energetici	Anul agricol 2017-2018					
		N ₁₂₀ P _{1,5}	N ₁₂₀ P _{2,5}	N ₀ P _{3,5}	N ₆₀ P _{3,5}	N ₁₂₀ P _{3,5}	N ₁₈₀ P _{3,5}
		N ₁₀₇ P ₅₅	N ₉₂ P ₁₂₀	N ₅₄ P ₂₃₃	N ₅ P ₂₄₀	N ₇₈ P ₁₈₄	N ₁₂₉ P ₂₂₁
Intrări de energie							
1.	Sporul de recoltă, t/ha	0,24	1,01	0,75	1,31	1,41	1,76
2.	Puterea calorică a recoltei totale, MJ/kg	100079	154582	117897	155880	135410	134121
3.	Conținutul de energie în sporul de recoltă, MJ	3977	16587	12378	21510	23136	28920
Cheltuieli de energie							
4.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, t/ha	0,518	0,599	0,548	0,575	0,679	0,900
	azotate (azotat de amoniu – 34,4%), t/ha	0,312	0,268	0	0,013	0,225	0,375
	potasice (clorură de potasiu – 60%), t/ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	complexe (amofos– 12:52), (t/ha)	0,106	0,231	0,448	0,462	0,354	0,425
5.	Producția de îngrășăminte s.f., total, (MJ/ha)	13109	15665	14344	15161	18183	24862
	azotat de amoniu – 34,4%, (MJ/ha)	9343	8037	0	402	6751	11231
	clorură de potasiu – 60%, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	amofos – 12:52, MJ/ha	3268	7131	13846	14262	10934	13133
6.	Producția de îngrășăminte s.a., total, MJ/ha	12645	14690	12498	13259	16704	23077
	azotate, MJ/ha	9314	8012	0	401	6730	11197
	potasice, MJ/ha	498	498	498	498	498	498
	complexe, MJ/ha	2833	6180	12000	12360	9476	11382
7.	Lucrări de transport, încărcare-descărcare, depozitare și aplicarea îngrășămintelor, MJ/ha	974	1126	1030	1081	1277	1692
8.	Fertilizat cu îngrășăminte minerale, total, MJ/ha	124	144	132	138	163	216
	Fertilizarea de bază, MBU-5, MJ/ha	49	79	132	135	109	126
	Fertilizarea suplimentară cu azot, MBU-5, MJ/ha	75	64	0	3	54	90
9.	Recoltarea directă a sporului de recoltă, MJ/t	33	141	105	183	197	245
10.	Transportul recoltei suplimentare, MJ/t	50	209	155	271	292	364
11.	Prelucrarea recoltei suplimentare, MJ/t	126	530	394	688	740	924
12.	Cheltuieli totale de energie, MJ/ha	13952	16840	14313	15619	19372	26518
13.	Coeficientul bioenergetic, un.	0,29	0,98	0,86	1,38	1,19	1,09

Tabelul A 10.5. Eficacitatea energetică la cultura grâului de toamnă

Anii agricoli	Varianta	Recolta boabe	Energia totală produsă		Energia consumată	Bilanț energetic	
			Total cultură	Producția principală		Total cultură	Producția principală
		kg/ha	MJ		MJ/ha	MJ/ha	
2014- 2015	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	1693	63844	27859	13172	50672	14687
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	1835	64511	30196	17126	47385	13070
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	1511	59814	24868	11358	48456	13510
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	2096	77108	34500	12628	64480	21872
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	2242	89655	36900	20034	69621	16866
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	2247	93518	36986	24458	69060	12528
2015- 2016	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3914	157463	64433	13901	143562	50532
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	4128	171323	67955	17427	153896	50528
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2922	162245	48093	15029	147216	33064
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3408	173247	56101	14532	158715	41569
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4422	189457	72786	23317	166140	49469
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4699	189505	77350	28109	161396	49241
2016- 2017	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	5444	282868	89605	15337	267531	74268
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	5777	261452	95086	16655	244797	78431
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3818	237965	62844	6678	231287	56166
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	4961	238614	81651	10702	227912	70949
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	5238	245541	86217	15673	229868	70544
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	5593	248231	92061	22579	225652	69482
2017- 2018	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	2962	100079	48748	13952	86127	34796
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3728	154582	61358	16840	137742	44518
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	3472	117897	57149	14313	103584	42836
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	4027	155880	66281	15619	140261	50662
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4126	135410	67907	19372	116038	48535
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4477	134121	73691	26518	107603	47173
Media 2014- 2018	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	3503	151063	57661	14095	136968	43566
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3867	162967	63649	16054	146913	47595
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	2931	144480	48238	11841	132639	36397
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	3623	161212	59633	13371	147841	46262
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4007	165016	65953	19598	145418	46355
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	4254	166344	70022	25418	140926	44604

Tabelul A 10.6. Indicatorii eficacității energetice la cultura grâului de toamnă

Anii agricoli	Varianta	Randament energetic		Efect energetic		Consum specific de energie la 1 kg de producție principală
		Total cultură	Producția principală	Total cultură	Producția principală	
		un.		%		
2014- 2015	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	4,8	2,1	385	112	7,78
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	3,8	1,8	277	76	9,34
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	5,3	2,2	427	119	7,52
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	6,1	2,7	511	173	6,02
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	4,5	1,8	348	84	8,94
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	3,8	1,5	282	51	10,88
2015- 2016	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	11,3	4,6	1033	363	3,55
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	9,8	3,9	883	290	4,22
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	10,8	3,2	980	220	5,14
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	11,9	3,9	1092	286	4,26
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	8,1	3,1	713	212	5,27
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	6,7	2,8	574	175	5,98
2016- 2017	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	18,4	5,8	1744	484	2,82
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	15,7	5,7	1470	471	2,88
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	35,6	9,4	3463	841	1,75
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	22,3	7,6	2130	663	2,16
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	15,7	5,5	1467	450	2,99
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	11,0	4,1	999	308	4,04
2017- 2018	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	7,2	3,5	617	294	4,71
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	9,2	3,6	818	264	4,52
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	8,2	4,0	724	299	4,12
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	10,0	4,2	898	324	3,88
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	7,0	3,5	599	250	4,70
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	5,1	2,8	406	178	5,92
Media 2014- 2018	N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	10,7	4,1	972	309	4,02
	N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	10,2	4,0	915	296	4,15
	N ₀ P _{3,5} K ₆₀	12,2	4,1	1120	307	4,04
	N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	12,1	4,5	1106	346	3,69
	N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	8,4	3,4	742	236	4,89
	N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	6,5	2,8	554	175	5,97

Anexa 11. Fotografii generale, fotocopie a brevetului de invenție, certificate confirmative de participare la manifestări științifice naționale și internaționale

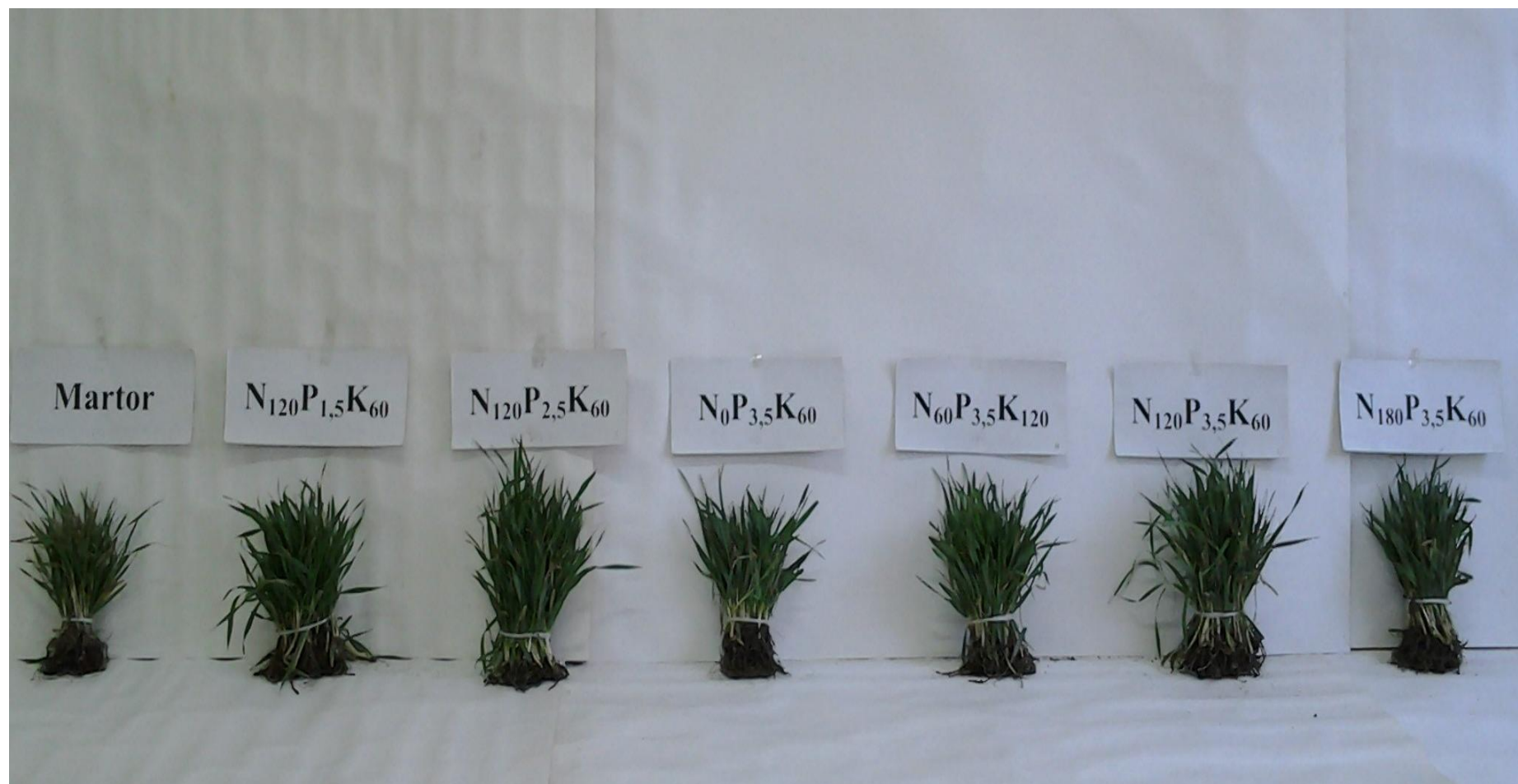


Figura 11.1. Faza fenologică de înfrățire la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”



Figura 11.2. Faza fenologică de ieșire în pai la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”



Figura 11.3. Faza fenologică de înspicare la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”

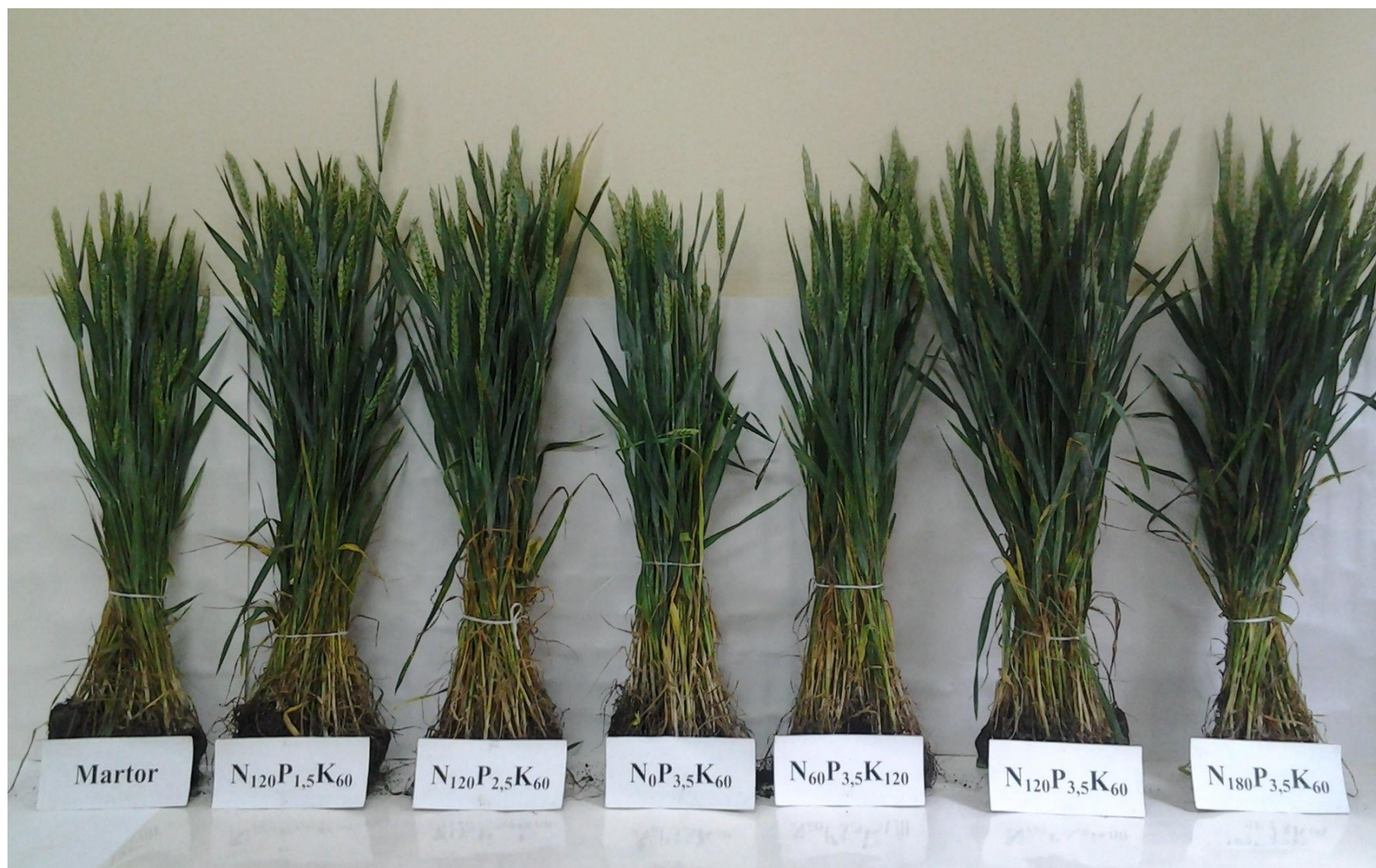


Figura 11.4. Faza fenologică de înflorire la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”



Figura 11.5. Faza fenologică de lapte-țeară la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”



Figura 11.6. Faza fenologică de maturitate deplină la grâul de toamnă, soiul „Sorrail”



REPUBLICA MOLDOVA

Agencia de Stat pentru
Proprietatea Intelectuala

BREVET

DE INVENTIE DE SCURTĂ DURATĂ

Nr. 1330

Eliberat în temeiul Legii nr. 50/2008 privind protecția invențiilor

Titlul: **Procedeu de fertilizare extraradiculară a grâului**

Titular: **INSTITUTUL DE PEDOLOGIE, AGROCHIMIE ȘI
PROTECȚIE A SOLULUI "NICOLAE DIMO", MD**

Data depozit: 2018.07.16

Durata brevetului : 6 ani

Descrierea invenției, revendicările și desenele constituie parte
integrantă a prezentului brevet de invenție de scurtă durată



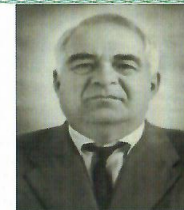
Director General

COPIE

CHIȘINĂU



INSTITUTUL DE PEDOLOGIE, AGROCHIMIE ȘI
PROTECȚIE A SOLULUI „NICOLAE DIMO”



CERTIFICAT DE PARTICIPARE

Ciochina Vitalie

la CONFERINȚA ȘTIINȚIFICĂ INTERNAȚIONALĂ
„SOLUL ȘI ÎNGRĂȘĂMINTELE ÎN AGRICULTURA CONTEMPORANĂ”,
CONSACRATĂ ANIVERSĂRII A 120 DE ANI DE LA NAȘTEREA
ACADEMICIANULUI ION DICUSAR



DIRECTOR ȘTIINȚIFIC
dr. conf. TAMARA LEAH

6 – 7 SEPTEMBRIE 2017

CHIȘINĂU, MOLDOVA



UNIVERSITY OF AGRONOMIC SCIENCES AND VETERINARY MEDICINE OF BUCHAREST

THE INTERNATIONAL CONFERENCE

AGRICULTURE FOR LIFE, LIFE FOR AGRICULTURE

JUNE 8-10, 2017 – BUCHAREST, ROMANIA



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

FOR THE SCIENTIFIC PAPER:

MODIFICATION OF CARBONATED CHERNOZEM
AGROCHEMICAL INDICES UNDER INFLUENCE OF SYSTEMATIC
APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS IN MOLDOVA

AUTHORS:

VITALIE CIOCHINA, VASILE LUNGU



JUNE, 2017
BUCHAREST

SORIN MIHAI CÎMPEANU, PROFESSOR, PHD
RECTOR OF THE UNIVERSITY OF AGRONOMIC
SCIENCES AND VETERINARY MEDICINE OF BUCHAREST



UNIVERSITY OF AGRONOMIC SCIENCES AND VETERINARY MEDICINE OF BUCHAREST
THE INTERNATIONAL CONFERENCE
AGRICULTURE FOR LIFE, LIFE FOR AGRICULTURE

JUNE 7-9, 2018 – BUCHAREST, ROMANIA



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

FOR THE SCIENTIFIC PAPER:
THE FERTILIZERS INFLUENCE ON THE HARVEST AND THE QUALITY
OF WINTER WHEAT ON THE CALCAREOUS CHERNOZEM
UNDER THE AGROCLIMATE CONDITIONS OF THE 2011-2017 PERIOD

AUTHORS:
VITALIE CIOCHINA, VASILE LUNGU



JUNE, 2018
BUCHAREST

SORIN MIHAI CÎMPEANU, PROFESSOR, PHD
RECTOR OF THE UNIVERSITY OF AGRONOMIC
SCIENCES AND VETERINARY MEDICINE OF BUCHAREST

Anexa 12. Act de implementare

G.Ț. "BUZULAN OLGA SERGHEI", satul Grigorievca, raionul Căușeni,
tel. mobil: +373 078363325, email: buzulan.olia@gmail.com, Cod fiscal: 34516400,
IBAN: MD53AG000000022514698437, BIC: AGRNMD2X769,
BC "MOLDOVA – AGROINDBANK" S.A.

ACT

de implementare privind aplicarea îngrășămintelor minerale asupra sporirii fertilității cernoziomului carbonatic și a productivității la grâul de toamnă în G.Ț., "BUZULAN OLGA SERGHEI" amplasată în raionul Căușeni, satul Grigorievca

Prin prezentul act se confirmă, că în G.Ț., "BUZULAN OLGA SERGHEI" în perioada anilor agricoli 2014-2018 a fost fondată experiența de producere pe o suprafață de 3,0 ha sub îndrumarea și recomandările doctorandului Ciochina Vitalie, cercetător științific stagiar al Institutului de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului "Nicolae Dîmo".

Pentru început s-au efectuat analize agrochimice cu determinarea conținutului de humus, azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil în straturile de sol 0-20 cm și 20-40 cm pentru cunoașterea stării agrochimice a solului cu determinarea nivelului de recolte și calitatea ei.

Tehnologia de creștere a grâului de toamnă a fost clasică. Fertilizarea minerală s-a îndeplinit toamna în starter și primăvara în interfaza înfrățire-ieșire în pai. Îngrășămintele minerale au acționat în mod diferit asupra recoltei și calității, în funcție de anii agricoli cercetați.

Sporul recoltelor cel mai bine s-a manifestat comparativ cu varianta nefertilizată la nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5-3,0}K_{60}$ în anul agricol 2014-2015 a fost mai ridicat cu 65,2% și 60,1%, în anul agricol 2015-2016 cu 45,3-58,2%, în 2016-2017 cu 72,4-74,7% și în anul agricol 2017-2018 cu 33,0-50,9%. Conținutul de gluten umed pentru aceleași nivele de nutriție studiate în anul agricol 2014-2015 a constituit 27,8% și 26,1%, anul agricol 2015-2016 cca. 24,0-25,9%, pentru anii agricoli 2016-2017 și 2017-2018 conținutul de gluten a alcătuit 28,9% și 28,5%. Grupa de calitate pe parcursul a patru ani agricoli a fost a doua.

Acțiunea fertilizatoare a îngrășămintelor minerale în 4 ani agricoli cercetați a indicat necesitatea primordială într-un majorarea productivității grâului de toamnă indiferent de condițiile climatice semiaride din zona de Sud a Republicii Moldova.

Președinte G.Ț.



Olga BUZULAN

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Numele, prenumele: Ciochina Vitalie

Semnătura: _____

Data: _____

CURRICULUM VITAE

Numele și prenume: Ciochina Vitalie

Cetățenie: Republica Moldova

Studii:

2005-2008 – Universitatea de Stat din Moldova, Facultatea de Biologie și Pedologie, licențiat în Științe ale Solului.

2008-2010 – Universitatea de Stat din Moldova, Facultatea de Biologie și Pedologie, obținut titlul de master în Științe ale naturii, specialitatea Științe ale Mediului.

2014-2017 – Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dimo”, doctorat, specialitatea Agrochimie.

Domeniile de interes științific: Metode de cercetare în laborator și teren pentru evaluarea însușirilor agrochimice ale solului. Metode de sporire a utilizării elementelor nutritive din soluri și îngrășăminte pentru optimizarea agrochimică a sistemului sol-plantă-îngrășăminte, în vederea realizării unor producții agricole cantitativ și calitativ superioare. Realizarea unor sisteme de fertilizare la sol eficiente în creșterea coeficientului de utilizare a substanței active și cu protecție ecologică pentru o dezvoltare durabilă. Evaluarea impactului utilizării îngrășămintelor chimice în nutriția speciilor vegetale pentru protecția și ameliorarea fertilității solului, a creșterii siguranței și securității producției agricole.

Participări la proiecte științifice naționale și internaționale:

- „Controlul poluării din agricultură”, proiect de tip internațional.
- „Dezvoltarea unui produs software pentru modelarea dinamicii carbonului microbiologic și a elementelor biofile în cernoziomul tipic slab humifer cu grad moderat de eroziune”, proiect de tip național, tineri cercetători, codul proiectului 04.819.03A, anul finanțării: 2012-2013.
- „Elaborarea și implementarea sistemului inofensiv de fertilizare a diferitor tipuri și subtipuri de sol în asolamentele de câmp în condițiile schimbărilor climatice pentru obținerea recoltelor scontate”, proiect de tip instituțional, codul proiectului 06-407-034A, anul finanțării: 2011-2014.
- „Evaluarea și optimizarea regimurilor nutritive a solurilor prin aplicarea îngrășămintelor minerale și deșeurilor organogene noi pentru majorarea producției vegetale în agricultura durabilă”, proiect de tip instituțional, codul proiectului 15.817.05.20A, anul finanțării: 2015-2018.
- „Evaluarea și optimizarea regimurilor nutritive a solurilor prin aplicarea îngrășămintelor minerale și deșeurilor organogene noi pentru majorarea producției vegetale în agricultura durabilă”, proiect de tip instituțional, codul proiectului 15.817.05.20A, anul finanțării: 2019.

➤ „Cercetarea și aplicarea măsurilor de îmbunătățiri funciare și de conservare a resurselor de sol și apă pentru diminuarea riscurilor de producere și atenuarea impactului schimbărilor climatice în agricultura sustenabilă” proiect tip program de stat, codul proiectului 20.80009.5107.06, anul finanțării: 2020-2021.

➤ „Evaluarea și optimizarea bilanțului elementelor nutritive și materiei organice pentru perfecționarea sistemului de fertilizare a culturilor agricole prin eficientizarea utilizării îngrășămintelor și sporirii fertilității solului în agricultura durabilă”, proiect de tip instituțional, codul proiectului 20.80009.5107.25, anul finanțării: 2020-2023.

Participări la foruri științifice (naționale și internaționale):

- Conferința științifico-practică „Rezultatele cercetărilor la cultura plantelor de câmp în Republica Moldova”, Bălți, 19 iunie 2015.
- Conferința națională cu participare internațională „Știința în nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”, Bălți, 25-26 septembrie 2015.
- Conferința Științifică Internațională „Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană”, Chișinău, 6-7 septembrie 2017.
- Conferința Științifică Internațională „Agriculture for Life, Life for Agriculture”, București, 2018.
- Conferința națională cu participare internațională „Știința în nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”, Bălți, 21-22 iunie 2019.
- International Scientific Conference „Eastern European Chernozems 100 Years after V. Dokuchaev”, the Republic of Moldova, Chisinau, 2-3 October 2019.

Lucrări științifice și științifico-metodice publicate: Au fost publicate 14 articole științifice, dintre care: 5 conferințe naționale și 7 internaționale, 1 simpozion, 1 recomandare în calitate de coautor, 1 brevet de invenție de scurtă durată nr. 1330 cu denumirea „**Procedeu de fertilizare foliară a cerealelor păioase**”, publicat de AGEPI la 30.04.2019 în „BOPI” nr. 4/2019.

Cunoașterea limbilor: româna, rusa la nivel de înțelegere, vorbire și scriere – C1, franceza la nivel B1.