

**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

Rezumatul tezei de doctor în științe agricole

CHIȘINĂU, 2025

Teza a fost elaborată în cadrul laboratorului Agrochimie și Nutriția Plantelor al IP Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară

Conducător științific:

LUNGU Vasile, doctor în științe agricole, conferențiar cercetător

Referenți oficiali:

VELIKSAR Sofia, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar, membru al Academiei de Științe din New York, SUA

BOINCEAN Boris, doctor habilitat în științe agricole, profesor cercetător, membru corespondent al Academiei de Științe a Moldovei

Componenta consiliului științific specializat:

CERBARI Valerian, doctor habilitat în științe agricole, profesor universitar, INCAAMV, *președinte*

POPOV Leonid, doctor în științe biologice, INCAAMV, *secretar științific*

RUSU Alexandru, doctor habilitat în științe agricole, conferențiar cercetător, INCAAMV, *membru*

PLĂMĂDEALĂ Vasile, doctor în științe agricole, conferențiar cercetător, INCAAMV, *membru*

MELECA Anatolie, doctor în științe agricole, conferențiar cercetător, CNCPS, *membru*

Susținerea va avea loc la 20.06.2025, ora 14:00, în ședința Consiliului științific specializat D 411.03-24-122 din cadrul Institutului Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară, mun. Chișinău, str. Ialoveni, nr. 100, etajul II, sala de ședințe, MD 2070, telefon: (+373-22) 28-48-59, e-mail: cancelaria@incaamv.maia.gov.md

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Institutului Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară și pe pagina web a ANACEC (<https://anacec.md/ro>).

Rezumatul a fost expediat la 16.05.2025

Secretar științific al Consiliului științific specializat:

POPOV Leonid, doctor în științe biologice

Conducător științific:

LUNGU Vasile, dr. în științe agricole, conf. cercetător

Autor:

CIOCHINA Vitalie

CUPRINS

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
CONȚINUTUL TEZEI.....	7
1. ACȚIUNEA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA STĂRII	
AGROCHIMICE A CERNOZIOMULUI CARBONATIC ÎN ASOLAMENT DE CÂMP ȘI	
PRODUCTIVITATEA GRÂULUI DE TOAMNĂ	7
2. CONDIȚIILE ȘI METODELE DE CERCETARE	7
2.1. Elementele principale ale experienței	7
2.2. Metodele de control al fertilității solului și plantelor	8
2.3. Condițiile meteorologice în perioada efectuării experienței.....	8
2.3.1. <i>Caracteristicile fizico-chimice ale cernoziomului carbonatic</i>	10
3. DINAMICA ACUMULĂRI MATERIEI ORGANICE ȘI A ELEMENTELOR	
NUTRITIVE LA GRÂUL DE TOAMNĂ.....	10
3.1. Acumularea materiei organice de către grâul de toamnă în funcție de nivelele de fertilizare	10
3.2. Conținutul de azot, fosfor și potasiu în partea valorificabilă a grâului de toamnă în funcție de dozele de administrare a îngrășămintelor minerale.....	12
3.3. Exportul și consumul elementelor nutritive la formarea recoltei	14
4. INFLUENȚA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA VALORIFICĂRII	
UMIDITĂȚII ȘI A REGIMULUI NUTRITIV AL SOLULUI.....	15
4.1. Dinamica rezervelor de apă productivă	15
4.2. Dinamica conținutului de humus	16
4.3. Monitoringul conținutului de azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil	17
4.3.1. <i>Azotul nitric</i>	17
4.3.2. <i>Fosforul mobil</i>	18
4.3.3. <i>Potasiul schimbabil</i>	19
5. INFLUENȚA ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII	
GRÂULUI DE TOAMNĂ PE CERNOZIOM CARBONATIC.....	20
5.1. Recolta și calitatea grâului de toamnă la aplicarea îngrășămintelor minerale.....	20
6. EFICACITATEA ECONOMICĂ ȘI ENERGETICĂ A ADMINISTRĂRII	
ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE.....	24
6.1. Eficacitatea economică	24
6.2. Eficacitatea energetică	25
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	27
BIBLIOGRAFIE	29
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI.....	32
ADNOTARE	34
АННОТАЦИЯ	35
ANNOTATION.....	36

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța temei abordate. Ponderea culturilor cerealiere în lume este de 35% din totalul terenurilor arabile, adică circa 221,5 milioane de hectare sunt cultivate cu grâu [25; 40]. Pentru satisfacerea mai deplină a populației cu produse de panificație se cere majorarea producției de grâu. Or, această creștere se poate face doar prin intensificarea agriculturii. Pe de altă parte, aplicarea tehnologiilor intensive provoacă degradarea solului prin eroziunea hidrică și eoliană, secătuirea de nutrienți și scăderea conținutului de materie organică. Sănătatea solului se înrăutățește în toate țările indiferent de nivelul de dezvoltare economică [47].

Exportul cu recolta în cantități semnificative de macro- și micronutrienți reduce mărimea producției din cauza deficitului creat în sol, care poate fi echilibrat cu ajutorul îngrășămintelor [13]. Conform analizei statistice [5], nivelul de recoltă la grâu de toamnă în anii 1995–2019 în Republica Moldova a fost în scădere. Diminuarea recoltelor este cauzată în mare parte de nerespectarea asolamentului și dozele reduse de îngrășăminte minerale.

În cadrul structurii culturilor agricole în Republica Moldova, cota porumbului pentru boabe constituie 30%, grâu de toamnă și de primăvară 23%, floarea-soarelui 18% și leguminoasele doar 2% [4]. Un alt factor reprezintă indicele integral al fertilității solului – humusul, care, în perioada 1965-1997, în zona de sud, în stratul arabil a scăzut de la 3,8% până la 3,2% și păstrează în continuare aceeași tendință negativă. Studiile științifice în experiențe de câmp de lungă durată arată că 1% de humus asigură anual, în medie, 24 kg N/ha, echivalentul a 74 kg N/ha în țară și 67 kg N/ha în zona de sud [19].

La momentul de față s-au intensificat procesele de degradare chimică cum ar fi: dehumificarea, denitrificarea și defosforizarea în Republica Moldova [28]. Aceste procese dezechilibrează nutriția minerală la grâu de toamnă, în special în fazele critice, și nu asigură un consum echilibrat de elemente nutritive [2; 24]. Recolta medie pe republică în ultima perioadă constituie 2,400-2,600 kg/ha, dintre care 80-85% conține 14-17% de gluten în boabe. Unul dintre factorii principali de sporire a productivității grâului de toamnă este nutriția minerală, iar la baza optimizării nutriției minerale sunt îngrășămintele chimice, care, în doze optime, majorează recolta cu 1,500-2,000 kg/ha și conținutul de gluten în boabe la 22-26%. Starea generală a fertilității efective a solurilor republicii s-a înrăutățit considerabil. În ultimii 25 de ani, doza medie anuală de îngrășăminte minerale nu depășește 30 kg/ha, iar cota culturilor leguminoase s-a micșorat de 4-5 ori [1; 4].

Totodată, starea agrochimică actuală a cernoziomului carbonatic, care ocupă 19,38% din teritoriu, deficitul de umiditate productivă și omologarea soiurilor noi cu potențial genetic înalt în Republica Moldova impun studierea influenței îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă [22; 35].

Asigurarea unui regim nutritiv optim echilibrat, în viitor, la grâu va diminua din impactul secetei prin utilizarea rațională a rezervelor de apă din sol, ceea ce va spori productivitatea culturilor. Optimizarea nutriției minerale a grâului de toamnă și a regimului hidric pe cernoziomul carbonatic, într-un fel sau altul, va permite obținerea de producții superioare în anii favorabili în ceea ce privește cantitatea de precipitații și evitarea scăderii catastrofale de recoltă în anii secetoși [3].

Scopul lucrării constă în 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:

1. Studierea procesului de acumulare a masei uscate a grâului de toamnă în diferite faze de dezvoltare;
2. Optimizarea regimurilor nutritive prin crearea diferitelor nivele de nutriție minerală;
3. Crearea unui model strict cantitativ de utilizare a îngrășămintelor minerale;
4. Reglarea nutriției cu azot prin diagnoza complexă sol-plantă;
5. Evaluarea economică și energetică la aplicarea 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. Studiile agrochimice și pedologice s-au efectuat la Stațiunea Experimentală pentru Pedologie și Agrochimie din satul Grigorievca, raionul Căușeni. În cadrul laboratorului Agrochimie al IPAPS „N. Dîmo” au fost efectuate analize 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. În organele grâului de toamnă s-a analizat conținutul de azot, fosfor și potasiu total. Analizele fizico-chimice în sol și chimice în plante au fost efectuate conform STAS-urilor în vigoare.

Măsurările biometrice au avut scopul determinării structurii recoltei, dinamicii acumulării producțiilor de masă verde și uscată ale plantelor, numărul de spice productive la 1 m², densitatea plantelor, coeficientul de înfrățire etc. Metodele selectate au fost orientate spre

majorarea productivității grâului de toamnă și sporirea fertilității efective a solului cu determinarea dozei optime de îngrășăminte minerale în baza aprecierii eficacității economice și energetice.

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor efectuate la tema tezei de doctorat au fost discutate, analizate și aprobate în cadrul ședințelor Consiliului științific al IPAPS „N. Dimo”. Materialele științifice au fost expuse și publicate la: 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).

Teza este structurată în șase capitole. În Capitolul I sunt descrise bibliografic materialele științifice naționale și internaționale referitoare la influența îngrășămintelor minerale asupra regimului nutritiv al solului și a productivității grâului de toamnă în diferite condiții pedoclimatice.

În Capitolul II sunt expuse: metodica detaliată a experienței de câmp cu variantele, metodele de cercetare, indicii agroclimatici și caracteristica agrofizică și agrochimică a solului.

Capitolul III reflectă în dinamică procesele de biosinteză și acumulare a masei verzi și uscate, evoluția conținutului de azot, fosfor și potasiu total pe organe în șase faze fenologice, în funcție de dozele de îngrășăminte minerale administrate.

Capitolul IV a cuprins dinamica rezervelor de apă productivă în stratul de sol 0-100 cm și indicii agrochimici principali: conținutul de humus, azot nitric, fosfor mobil și potasiu schimbabil în straturile 0-20 cm și 20-40 cm de sol.

În Capitolul V este caracterizată influența îngrășămintelor minerale asupra productivității grâului de toamnă, cu descrierea și analiza mărimii recoltelor, a indicilor calitativi și a corelației lor.

În Capitolul VI este analizată eficacitatea economică a variantelor experimentate cu stabilirea celor mai rentabile doze și combinații de îngrășăminte minerale în condiții de umiditate insuficientă în cernoziomul carbonatic. Cu acest obiectiv s-a examinat și eficacitatea energetică a procedeelor de fertilizare.

CONȚINUTUL TEZEI

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

Capitolul 1 cuprinde sinteza publicațiilor științifice cu expunerea conceptelor de reglare a nutriției minerale și a relației de interdependență îngrășămintesolplante. Sunt analizate și interpretate datele științifice recente la nivel internațional și local din experiențele montate pe luvosol, argiosol, cernoziom obișnuit, levigat, carbonatic, sol cenușiu de pădure etc. în diferite zone pedoclimatice [41; 45].

S-au descris rolul și influența sistemelor de fertilizare cu îngrășăminte organice, minerale și organo-minerale în asolament cu administrarea în diferite doze de fertilizanți asupra nivelului de recoltă și indicii calitativi ai boabelor de grâu în funcție de soiuri, climă și sol [7; 46]. La fel, s-a argumentat importanța îngrășămintelor chimice asupra modificărilor principalilor indici agrochimici (humus, azot nitric, fosfor mobil, potasiu schimbabil), la diminuarea și sporirea fertilității solului [19; 36; 41; 44], utilizarea rațională a rezervelor de apă din sol la formarea recoltei [33; 34].

2. CONDIȚIILE ȘI METODELE DE CERCETARE

2.1. Elementele principale ale experienței

Cercetările s-au efectuat la Stațiunea Experimentală pentru Pedologie și Agrochimie din satul Grigorievca, raionul Căușeni, care a fost fondată în toamna anului 1960 în zona de sud a țării, cu o suprafață de 22,21 ha [15].

Indicii agrochimici ai solului s-au determinat în trei faze fenologice: înfrățire, înflorire și maturitate deplină. Măsurările metrice și biologice ale grâului s-au efectuat în șase faze fenologice: înfrățire, ieșirea în pai, înspicare, înflorire, lapte-țeară și maturitate deplină.

Probele de sol s-au prelevat cu sonda pedologică pe straturi consecutive cu grosimea de 20 cm la adâncimile 0-100 și 0-160 cm. Pentru realizarea obiectivelor tezei, probele s-au recoltat în trei faze fenologice, în două repetiții, de pe 7 variante: 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 – $N_{180}P_{3,5}K_{60}$. Determinarea recoltei și calității boabelor de grâu s-a efectuat pe 16 variante în patru repetiții. Iar de la șapte variante mai diagnosticabile s-au recoltat probe de plante în trei repetiții pentru determinarea N_{total} , P_{total} , K_{total} . Experiența întrunește patru câmpuri experimentale de câte 64 de ari fiecare și un sector de producție. Parcelele experimentale reprezintă dreptunghiuri cu laturile de 4 x 25 (tab. 2.1).

Tabelul 2.1. Schema experienței

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

Asolamentul de câmp este alcătuit din patru culturi: mază boabe, grâu de toamnă, porumb pentru boabe și floarea-soarelui. S-a cultivat soiul de grâu de toamnă „Sorrail” [18].

2.2. Metodele de control al fertilității solului și plantelor

Analizele fizico-chimice de laborator au constatat în pregătirea și efectuarea analizelor probelor de sol și de plante conform STAS-urilor în vigoare.

Metodele de analize chimice ale solului au inclus: determinarea umidității solului și a rezervelor de apă productivă [21]; conținutului de humus după metoda Tiurin, modificată de Simakov [6; 16; 21]; conținutului de nitrați cu acid fenoldisulfonic, metoda Grandval-Laju [21]; conținutului de fosfor mobil și potasiu schimbabil - metoda Macighin [31].

Metodele de analize chimice aplicate pentru plante au fost: analiza express a nitraților după metoda Țerling [26; 29]; masa substanței uscate: prin uscare în etuvă la $t=60^{\circ}C$; umiditatea boabelor grâului de toamnă prin uscare în etuvă la $t=60^{\circ}C$ timp de 6 ore; masa a 1000 de boabe prin numărare și cântărire; masa hectolitrică – prin măsurarea greutateii boabelor dintr-un volum cunoscut [14]; cantitatea și calitatea glutenului umed prin spălare [27]. Extragerea azotului, fosforului și potasiului total dintr-o singură probă s-a efectuat prin calcinare cu acid sulfuric după metoda Ginzburg, ulterior conținutul de azot total s-a determinat după aceeași metodă [32]. S-au mai determinat: conținutul de fosfor total după metoda Deniges [30]; conținutul de potasiu total după metoda fotometrului cu flacără [32].

2.3. Condițiile meteorologice în perioada efectuării experienței

Anul agricol 2014-2015 s-a caracterizat prin depuneri atmosferice de circa 442 mm, sau cu 59 mm mai mult decât media multianuală. Precipitațiile au căzut neuniform atât în perioada septembrie - martie – 333 mm, sau 145%, cât și în aprilie-iunie – 109 mm, sau 154% din normă.

Temperatura aerului a constituit $+11,2^{\circ}\text{C}$, având o abatere de la media multianuală de $+1,4^{\circ}\text{C}$. Pe parcursul perioadelor repausului vegetativ și vegetației active a plantelor s-au înregistrat valori termice de $+5,8...+16,6^{\circ}\text{C}$, cu abateri pozitive peste normă de $+1,7...+1,1^{\circ}\text{C}$.

Situația agroclimatică a anului agricol 2015-2016 se descrie printr-o cantitate de precipitații de 444 mm, peste 59 mm mai mult față de media multianuală, sau 115% din normă. Precipitațiile din perioada de repaus vegetativ au fost de 272 mm, cu 41 mm mai mult, sau 118% față de normă. În perioada vegetației active a plantelor de grâu, depunerile au alcătuit 172 mm, cu 18 mm sau cu 10% mai mult decât media multianuală. Regimul termic al anului agricol a înregistrat valori de $+12,0^{\circ}\text{C}$ cu $+2,3^{\circ}\text{C}$ mai mult decât media multianuală. În perioada lunilor septembrie-martie și aprilie-iunie, valorile termice au fost ridicate: $+7,1^{\circ}\text{C}$ și $+17,0^{\circ}\text{C}$, cu abateri ale mediilor de $+3,0...+1,7^{\circ}\text{C}$.

Anul agricol 2016-2017 a înregistrat un regim termic în limita normală de $+10,2^{\circ}\text{C}$, cu o abatere termică de $+0,4^{\circ}\text{C}$ față de medie și cu cele mai înalte cantități de precipitații: 536 mm, sau cu +153 mm, adică 140% peste normă. Temperatura medie a aerului atât din perioada rece a anului, cât și caldă a fost în teritoriu $+4,9...+15,5^{\circ}\text{C}$, în limitele normei. Cantitatea de precipitații din aceeași perioadă a variat între 231 și 305 mm, sau cu 1-152 mm mai mult, depășind media multianuală cu 100-199%.

În anul agricol 2017-2018, depunerile atmosferice au fost de 397 mm, cu 19 mm mai mult sau 105% din normă. În perioada de repaus vegetativ al plantelor de grâu, precipitațiile au fost peste normă cu 91 mm, însumând 317 mm, sau 140%. În perioada vegetației active a fost înregistrat un deficit acut de precipitații – 72 mm sau doar 80 mm în total, reprezentând 53% din media multianuală. Regimul termic anual a înregistrat valori termice ridicate de $+12,0^{\circ}\text{C}$, sau cu $+2,2^{\circ}\text{C}$ mai mult. S-a observat că pe parcursul vegetației active a plantelor temperatura medie a aerului a fost de $+18,4^{\circ}\text{C}$, cu vreme anormal de caldă, abaterea fiind de $+3,0^{\circ}\text{C}$ [20].

Condițiile agrometeorologice din anii agricoli 2014-2018 au fost descrise, conform depunerilor atmosferice anuale în felul următor: 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, iar al patrulea an (2017-2018) – normal, dar foarte secetos în timpul verii. Întreaga perioadă a anilor agricoli 2014-2018, în medie, a fost moderat umedă. Datele lunare obținute de la stația meteorologică Căușeni, în baza regimului pluvial confirmă existența condițiilor de secetă. Umiditatea medie relativă a aerului s-a încadrat în limita de 70% în patru ani agricoli.

Pe parcursul a patru ani agricoli, lunile august-septembrie au înregistrat secete extreme. Aceste condiții au influențat negativ pregătirea patului germinativ și au amânat termenul de

însămânțare a grâului. Evaporabilitatea anuală alcătuiește în zonă 1043,0 mm, fiind de peste 19 ori mai mare în comparație cu suma anuală de precipitații. Valorile indicilor climatici anuali constituie după Martonne – 23,4, după Ivanov – 0,48, cu stabilirea condițiilor semiaride specifice zonei de stepă cu umiditate permanent insuficientă.

2.3.1. Caracteristicile fizico-chimice ale cernoziomului carbonatic

Cernoziomul carbonatic luto-argilos se caracterizează cu profil de tipul: Ahkp – Ahk – Bhk1 – Bhk2 – Bck1 – Bck2 – Ck, cu textură omogenă. Pe profilul solului, conținutul de apă higroscopică variază de la 4,6% până la 4,1% în stratul arabil și scade în roca parentală până la 3,0%. Densitatea aparentă s-a păstrat fără schimbări până la adâncimea de 102 cm, alcătuind 1,17-1,45 g/cm³, iar în orizonturile Bck1, Bck2 și Ck s-a menținut – 1,45 g/cm³.

În stratul arabil conținutul de humus la martor constituie 3,07%. Cu referire la stratul agronomic activ 0-50 cm, solul se caracterizează prin conținut moderat de humus – 3,3% și grosime adâncă a profilului humifer – 120 cm. În stratul 0-50 cm de sol, conținutul de azot total este de 0,16%, fosfor total – 0,12-0,14%. Conținutul de nitrați în stratul 0-10 cm de sol este foarte ridicat – 4,30 mg/100 g de sol și descrește în următorul strat până la 0,84 mg/100 g de sol, fiind foarte scăzut până la roca parentală. Conținutul de P₂O₅ mobil în stratul de sol 0-50 cm este foarte scăzut (0,6-0,8 mg/100 g de sol). Conținutul de K₂O în stratul arabil este optim (25 mg/100 g de sol) și moderat (15 mg/100 g de sol) în subarabil. Solul are un pH slab alcalin. În stratul arabil conținutul de carbonați este scăzut (1,9%), care se majorează până la 16,6% în roca parentală [8].

3. DINAMICA ACUMULĂRI 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

Conform rezultatelor obținute, masa verde sintetizată în faza de înfrățire a constituit la martor 29 g/100 de plante. Bioacumularea masei verzi a fost cea mai joasă la nivelul de nutriție N₀P_{3,5}K₆₀ – 67 % față de martor, datorită conținutului de fosfor mobil de 3,5 mg/100 g de sol, care a mobilizat azotul existent în sol din zona radiculară prin crearea unui deficit de N în sol. Administrarea dozelor N₆₀₋₁₂₀ la nivelul de nutriție P_{3,5}K₆₀ au majorat conținutul masei verzi cu 63%, respectiv 11% comparativ cu varianta nefertilizată. În baza acestor constatări se presupune că în faza de înfrățire dozele înalte de azot pot prezenta efect de toxicitate. În faza de înspicare varianta nefertilizată a sintetizat 257 g/100 plante masă verde. Fertilizarea minerală a majorat

bioacumularea masei verzi de la 125% din total la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ până la 324% la $N_{120}P_{1,5}K_{60}$. Nivelele de nutriție menționate au fost unicele la care bioacumularea a atins valori maxime. Cea mai ridicată cantitate de masă vegetală s-a acumulat în faza de înflorire, masa sintetizată la martor a constituit 496 g/100 de plante, iar la variantele fertilizate practic s-a dublat (tab. 3.1).

Tabelul 3.1. 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	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Martor	29	100	131	100	257	100	496	100	299	100	162	100
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	49	170	362	277	832	324	971	196	505	169	219	135
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	62	126	448	124	1039	125	850	88	477	94	212	97
$N_0P_{3,5}K_{60}$	41	67	291	65	648	62	931	109	522	110	204	96
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	68	163	429	148	822	127	896	96	511	98	232	114
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	75	111	612	142	741	90	1015	113	539	106	230	99
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	72	96	603	99	945	128	1016	100	510	95	219	96

Bioacumularea medie a substanței uscate în faza de înfrățire a fost la martor de 6 g/100 de plante. Nivelele de fosfor mobil 1,5 și 3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol, au contribuit la o acumulare semnificativă a masei uscate – 170% față de varianta nefertilizată. Fertilizarea cu diferite doze de azot pe nivelele de fosfor mobil $P_{2,5-3,5}$ a majorat biosinteza substanței uscate în medie cu 114-119%. În faza de înspicare, martorul a acumulat 69 g/100 de plante, iar la nutriția minerală s-a sintetizat de la 123% până la 315% substanță uscată față de martor (tab. 3.2).

Tabelul 3.2. Dinamica acumulării masei substanței uscate a 100 de plante pe faze de dezvoltare. Valorile medii ale anilor 2014-2018

Varianta	Faza fenologică											
	Înfrățire		Ieșirea în pai		Înspicare		Înflorire		Lapte- ceară		Maturitate deplină	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Martor	6	100	28	100	69	100	185	100	173	100	147	100
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	10	170	72	256	217	315	343	185	301	174	197	135
$N_{120}P_{2,5}K_{60}$	12	119	90	124	273	126	296	86	287	95	191	97
$N_0P_{3,5}K_{60}$	9	70	59	65	175	64	321	108	278	97	185	97
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	15	169	88	150	227	130	304	95	322	116	210	114
$N_{120}P_{3,5}K_{60}$	17	114	111	127	204	90	358	118	337	104	207	99
$N_{180}P_{3,5}K_{60}$	16	94	103	93	252	123	357	100	300	89	198	96

În faza de înflorire, masa substanței uscate la varianta nefertilizată a constituit 185 g/100 de plante, atingând valoarea maximă, ca și la nivelele fertilizate, excepție făcând la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ – 94% din total. Raportând mărimea recoltelor principale la recolta

martorului, s-a stabilit că, la nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$, cantitatea de substanță uscată a fost cea mai înaltă, majorându-se de 1,9 ori, iar la recolta principală – de 1,6 ori față de martor. S-a observat că nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a sintetizat cea mai mică cantitate de substanță uscată, însă nivelul recoltei a depășit varianta martor de 1,6 ori.

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

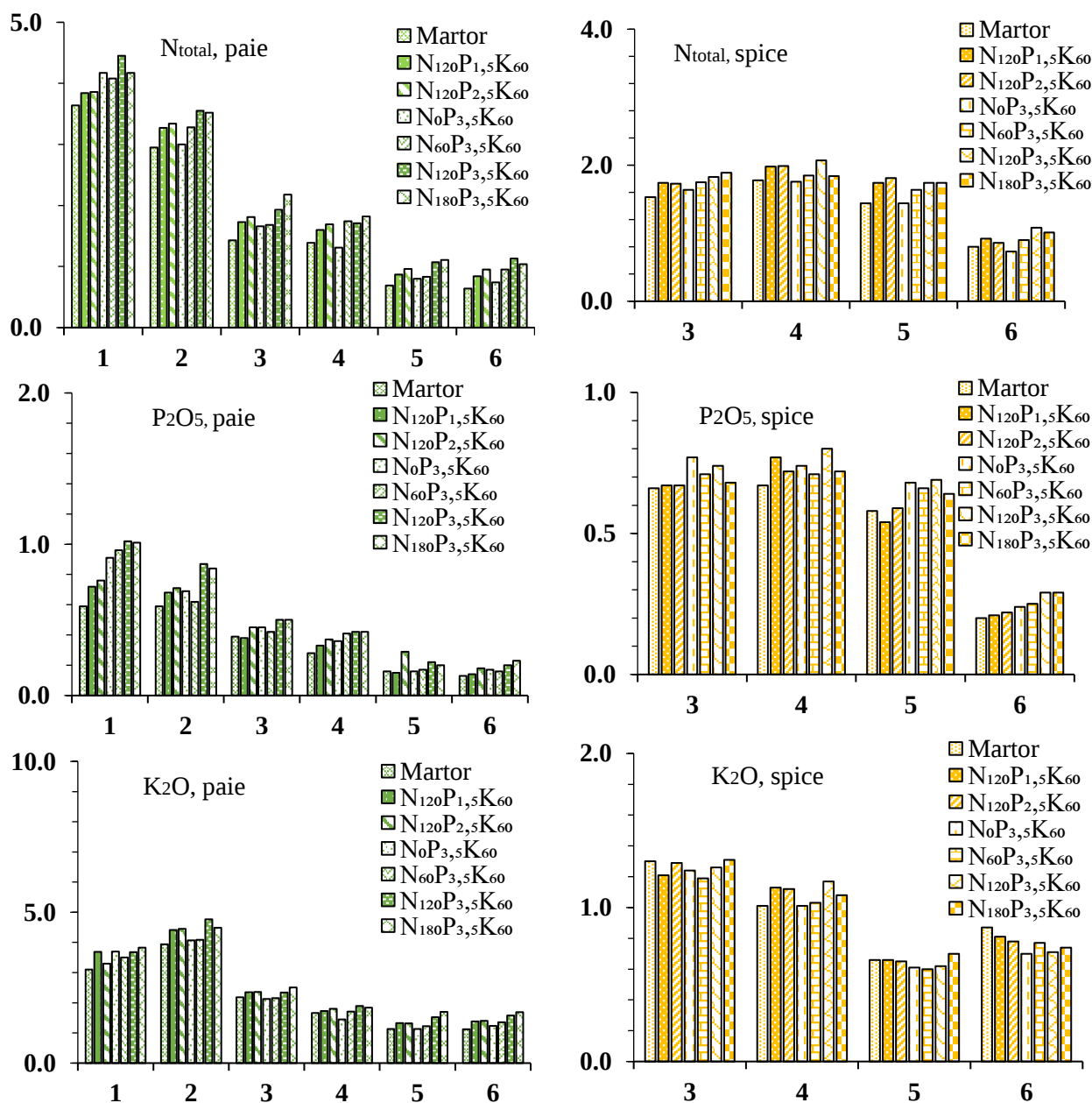
Conform cercetărilor efectuate în anii agricoli 2014-2018 conținutul de azot total în planta întreagă în faza de înfrățire a fost cel mai ridicat din toate cele șase fazele fenologice și a oscilat la nivelele fertilizate între 3,84% și 4,45% față de 3,64% la martor. În faza de ieșire în pai până la înflorire, conținutul de azot total a scăzut proporțional. În fazele fenologice lapte-ceară și maturitate deplină, conținutul de azot total în paie nu s-a diferențiat, alcătuind la martor 1,05% și la $N_{120}P_{1,5-2,5}K_{60}$ – 0,84-0,95%. Astfel, rezultă că, la toate fazele fenologice, varianta $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ a avut cel mai mic conținut de azot total din cauza nivelului scăzut de fosfor mobil, care a reținut absorbția azotului din sol.

Conținutul de fosfor total în paie a înregistrat valoarea maximă în faza de înfrățire, constituind 0,72-1,02% la variantele fertilizate comparativ cu martorul – 0,59%. Conținutul a descrescut în faza de înspicare la variantele fertilizate cu 0,30-0,37% față de martor – 0,39%, stabilindu-se faza critică din cauza formării spicului. Conform dinamicii monitorizate, faza de lapte-ceară a avut cea mai mare scădere a conținutului de fosfor total la variantele cu îngrășămintă cu 0,18-0,20% față de martor – 0,16%. În faza de maturitate deplină, n-au fost înregistrate diferențieri majore ale conținutului de fosfor total. Varianta $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ s-a dovedit a fi cea mai eficientă conform reacției plantelor de grâu.

Conținutul de potasiu total în paie a fost mai înalt față de conținutul lui în spice (pleavă+boabe) în faza de înfrățire la martor – 3,10%, iar pe nivelele cu nutriție minerală 3,30-3,83%. O creștere maximă a conținutului de potasiu total, s-a determinat în faza de ieșire în pai la variantele fertilizate – 4,09-4,77%, la martor fiind – 3,94%, datorându-se alungirii tulpinii grâului de toamnă. În faza de înspicare, conținutul s-a micșorat la martor ajungând la 2,18%. Iar la fertilizarea cu K a alcătuit 2,13-2,51%, ca urmare a formării spicului și dozelor de azot. În faza de maturitate deplină, în paie s-a acumulat potasiu total cu 0,01-0,10% la fertilizarea cu doza K_{60} datorită migrării lui din alte organe ale plantei.

Conținutul de azot total în spicele grâului de toamnă fără boabe a fost la martor de 1,53% în faza de înspicare și 1,73-1,89% pe nivelele cu NPK, fiind cu 0,20-0,36% mai ridicat. Intensificarea consumului de azot total în faza de înflorire la variantele fertilizate a stabilit un

conținut în spice între 1,84 și 2,07%, sau cu 0,06-1,29% mai înalt decât la mator – 1,78%. Conținutul de potasiu a fost în continuă descreștere până la faza de maturitate deplină la mator – 0,80% și la variantele fertilizate între 0,86 și 1,08% în funcție de mărimea dozei de azot. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a reacționat cel mai bine la administrarea azotatului de amoniu (fig. 3.1).



1 – înfrățire; 2 – ieșire în pai; 3 – înspicare; 4 – înflorire; 5 – lapte-ceară; 6 – maturitate deplină

Fig. 3.1. Influența îngrășămintelor asupra dinamicii conținutului total de azot, fosfor și potasiu în plantele de grâu

Conținutul de fosfor total determinat în spice în faza de înspicare a fost la mator – 0,66% și 0,67-0,77% la nutriția minerală, iar în faza de înflorire s-a majorat cu 0,04-0,10%. În faza de lapte-ceară, conținutul de fosfor total a constituit 0,58% la mator și a crescut de la 0,59% pe

nivelul de fosfor mobil 2,5 mg/100 g de sol până la 0,69% pe nivelul 3,5 mg P₂O₅/100 g de sol. În faza de maturitate deplină s-a constatat o descreștere semnificativă la toate variantele analizate.

Conținutul de potasiu total stabilit în spicele grâului de toamnă în faza de înspicare a fost la martor de 1,30% și a oscilat la doza K₆₀ între 1,19 și 1,31%. În variantele fertilizate, conținutul de potasiu total în faza de înflorire a fost în echilibru cu varianta nefertilizată. În faza de lapteceară, conținutul de potasiu total în spice a descrescut la toate variantele fertilizate și s-a egalat cu martorul (0,60-0,70%). Acțiunea s-a datorat reutilizării potasiului de către boabe, iar în faza de maturitate deplină a crescut datorită depozitării lui sub formă de substanțe de rezervă în boabe. Ca urmare, potasiul se identifică ca un element migrator cu concentrație maximă în paie și a fost asimilat mult mai rapid datorită formei mobile accesibile din îngrășăminte prin creșterea consumului.

Îngrășămintele au îmbogățit conținutul de azot atât în boabe, cât și în organele de creștere. Din procedeele de fertilizare experimentate, cea mai de amploare influență a avut-o varianta N₁₂₀P_{3,5}K₆₀, iar cel mai mic spor al concentrației de azot s-a remarcat la N₀P_{3,5}K₆₀. Aceeași legătură s-a confirmat și în paie, desigur la un nivel cantitativ mai scăzut.

3.3. Exportul și consumul elementelor nutritive la formarea recoltei

Exportul elementelor nutritive reprezintă indicii de bază pentru optimizarea sistemului de nutriție minerală a plantelor. Producția medie a grâului de toamnă a constituit 2,45 t/ha boabe de grâu la varianta martor. Raportul mediu *paie:boabe* a fost de 1,30 la martor și s-a stabilit foarte ridicat, de 1,40, la nivelul de nutriție fără azot N₀P_{3,5}K₆₀ în defavoarea recoltei principale. Nivelele de nutriție fertilizate cu NPK au influențat diferențiat structura recoltei pe organe, în special spicul, prin majorarea masei (tab. 3.3).

Tabelul 3.3. 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

Exportul total de NPK cu recolta a constituit circa 131 kg/ha la varianta martor, inclusiv: N – 64, P₂O₅ – 22 și K₂O – 45 kg/ha pentru nivelul de producție obținută.

Consumul specific de NPK a însumat 54 kg/ha, dintre care 26-9-18 kg/1t boabe au revenit elementelor nutritive. S-a observat că exportul total la aplicarea îngrășămintelor a fost dependent de dozele ridicate de azot și de nivelul de fosfor mobil în sol, deși consumul de fosfor pentru formarea recoltei s-a menținut practic la același nivel – 10-11 kg/1t boabe.

Valori proxime ale consumului specific au fost determinate la doza de azot de 120 kg/ha pe nivelurile de fosfor mobil 2,5-3,5 mg/100 g de sol cu raportul *paie:boabe* de 1,25 și 1,23. Astfel, la aceste niveluri de nutriție s-au stabilit 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 constituit 61-66 kg/t, respectiv: 31-33 kg azot, 10-11 kg fosfor, 20-21 kg potasiu. Determinarea dozelor optime de îngrășămintă minerale prin stabilirea consumului de NPK kg/t de producție este necesară pentru prognozarea exportului total.

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

4.1. Dinamica rezervelor de apă productivă

Un rol hotărâtor în reluarea vegetației de către plante are rezerva de apă productivă în stratul 0-20 cm de sol, iar cu creșterea temperaturi, rezerva se stabilește în stratul 0-100 cm [23].

Rezervele medii de apă productivă la desprindăvărare în stratul de 1 m de sol au fost similare cu varianta nefertilizată – 142,9 mm, respectiv 140,3 și 141,5 mm la nutriția minerală, clasificându-se ca bune. Consumul de apă a crescut în faza de înflorire, fiind 64,5 mm la martor. La nivelul de nutriție N₁₂₀P_{3,5}K₆₀ rezerva medie de apă productivă a scăzut cu 28,2 mm (tab. 4.1).

Tabelul 4.1. Rezervele medii de apă productivă 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 ₀ P _{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 = 1,97 mm apă productivă și S_x(%) = 13,20%; DL_{0,05} = 5,59 mm și DL_{0,05}(%) = 37,70%

Un consum ridicat s-a atestat la toate nivelele fertilizate în stratul de sol de 1 m, scăzând între 9,3 și 23,2 mm în faza de înflorire față de martor, rezervele de apă fiind scăzute și foarte scăzute. În faza de maturitate deplină, rezervele de apă productivă medii pe nivelele de nutriție s-au micșorat de 1,3-1,6 ori.

Cea mai mare scădere a rezervelor de apă productivă din stratul de 1 m de sol a fost în anul agricol 2014-2015 în faza de înflorire la variantele $N_{120}P_{2,5-3,5}K_{60}$ cu 36,3-51,2 mm față de martor și în anul 2016 la martor 95,3 mm, micșorându-se cu 25,9 mm la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ [11].

Rezultatele obținute confirmă doi ani, 2015 și 2018, cu secetă pedologică, anul 2017 – cu rezerve bune pe parcursul vegetației active a plantelor, iar anul 2016 – relativ secetos.

În anii cu producții înalte pe cernoziomul carbonatic, consumul de apă la 0,1 t/ha boabe a fost de 16,5 mm la martor și între 12,8 mm și 11,9 mm pe 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, respectiv 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% mai eficient față de martor [37].

4.2. Dinamica conținutului de humus

Conținutul de humus în sol s-a diferențiat pe sole și anii agricoli, stabilind o variabilitate ridicată. 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, respectiv, 2,83% (tab. 4.2). Fertilizarea minerală în primul strat a menținut mai ridicat, de la 0,05% pentru varianta $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ până la 0,21% la varianta $N_{120}P_{3,5}K_{60}$. La fel în al doilea strat: de la 0,05% până la 0,25%. În faza de înflorire, conținutul mediu de humus în ambele straturi de sol a scăzut pe toate nivelele de nutriție. Micșorarea conținutului de humus a fost generată de creșterea consumului de elemente nutritive în urma procesului de mineralizare.

Tabelul 4.2. 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, t/ha
	Înfrățire, cm		Înflorire, cm		Maturitate deplină, cm		
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
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

În faza de maturitate deplină, conținutul de humus a fost mai ridicat în stratul 0-20 cm de sol față de primele două faze la toate nivelele fertilizate.

Aplicarea îngrășămintelor minerale a menținut conținutul mediu de humus cu 0,05-0,17% mai înalt față de martor.

Rezultatele validate din tabelul 4.2 arată că fondul de humus în stratul 0-20 cm de sol la fertilizarea minerală în doze moderate nu s-a modificat, iar la cele ridicate, conținutul de humus a fost mai înalt cu 0,14-0,17% față de martor.

În vederea rezervelor de humus, s-au confirmat diferențe pe variantele $N_{120-180}P_{3,5}K_{60}$ de 5-9 t/ha de humus. De regulă, o sporire a conținutului de humus poate fi asigurată de îngrășămintele chimice în cazul asigurării fondurilor ridicate de NP în defavoarea factorului economic și de mediu.

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

4.3.1. Azotul nitric

Cantitatea medie de azot nitric la desprăvărare a variat în stratul 1 m de sol între 33,9 și 66,3 kg/ha la martor. La variantele $N_{120-180}P_{3,5}$, rezervele de $N-NO_3$ s-au majorat cu 33,0-71,5 kg/ha, respectiv 41,6-74,7 kg/ha, dublu față de martor. Cantitatea de azot nitric a oscilat în funcție de dozele remanente și au fost impulsionate de nivelele de fosfor mobil care au contribuit la mobilizarea azotului din sol (tab. 4.3).

Tabelul 4.3. Rezervele medii de azot nitric 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
$N_0P_{3,5}K_{60}$	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

$S_x = 2,0$ kg/ha $N-NO_3$, $S_x(\%) = 16,2\%$, $DL_{0,05} = 5,7$ kg/ha, $DL_{0,05}(\%) = 45,4\%$

În faza de înflorire, rezervele de $N-NO_3$ au fost scăzute, oscilând între 13,4 și 29,3 kg/ha la martor. Fertilizarea cu îngrășământ azotic în doze $N_{120-180}$ pe fondul de fosfor mobil $P_{3,5}$ mg $P_2O_5/100$ g de sol a majorat semnificativ cantitățile de azot nitric cu 60,0-65,5 kg/ha, respectiv 98,4-103,9 kg/ha. În faza de maturitate deplină, în analogie cu faza de înflorire, rezervele medii de azot nitric au crescut până la 18,3-35,9 kg/ha la martor, datorită încetării precoce a ciclului de

vegetație și la doza N_{120} cu 38,3-48,3 kg/ha, respectiv la N_{180} cu 60,4-91,3 kg/ha, sau de 3,0 și 4,5 ori comparativ cu varianta nefertilizată.

Excepție este anul agricol 2016-2017 – din cauza depunerilor atmosferice peste normă, s-a observat în stratul 1 m de sol că plantele au consumat cantități mari de azot nitric, motiv pentru care este necesar ca cernoziomul carbonatic să fie aprovizionat cu rezerve de nitrați [39].

Conform rezultatelor obținute, aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu azot în doză echivalentă sau mai mare de 120 kg/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 influența precipitațiilor atmosferice, s-au levigat pe profil, devenind o sursă de poluare cu nitrați. De aceea, se recomandă fracționarea dozei de azot în 2-3 reprize în timpul vegetației în baza analizei solului, ca măsură de prevenire a acumulării nitraților în sol.

4.3.2. Fosforul mobil

Conținutul de fosfor mobil mediu (P_2O_5) s-a micșorat la martor în stratul 0-20 cm de sol, menținându-se pe parcursul vegetației în intervalul 1,0-1,2 mg/100 g de sol, fiind la limita naturală, iar în stratul 20-40 cm de sol, scăderea conținutului a fost nesemnificativă. Pe nivelul de fosfor mobil de 3,5 mg P_2O_5 /100 g de sol, conținutul de fosfor mobil în stratul de sol 0-20 cm față de 20-40 cm a fost mai ridicat, având cel mai înalt consum în faza de înflorire.

Scăderi ale conținutului de P_2O_5 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 în faza de maturitate deplină cu 0,7 mg/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, ceea ce contribuie la dezvoltarea sistemului radicular al grâului de toamnă (tab. 4.4).

Tabelul 4.4. 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, kg/ha
	Înfrățire, cm		Înflorire, cm		Maturitate deplină, cm				
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
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

Rezerva medie de fosfor mobil în stratul 0-40 cm de sol a constituit la martor 44 kg/ha. Cele mai mari acumulări de fosfor au fost influențate cel mai mult de nivelele de fosfor mobil programate. Diferențe se constată pe nivelele de P_2O_5 la: $P_{2,5}$ – 79 kg/ha, sau cu 35 kg/ha, $P_{3,5}$ – 109 kg/ha sau cu 62 kg/ha în medie, depășind în medie de 2,4 ori martorul (tab. 4.4). Studiile efectuate au demonstrat că migrarea fosforului pe profil nu a avut loc. Micșorarea conținutului de fosfor mobil s-a datorat numai procesului intensiv de absorbție a ionilor de fosfor din zona rizosferei.

4.3.3. Potasiul schimbabil

Conținutul de potasiu schimbabil în stratul arabil la aplicarea sistematică a îngrășămintelor în asolament constituie în medie 27-32 mg K_2O /100 g de sol [42].

În stratul de sol 0-20 cm, conținutul de potasiu schimbabil (K_2O) a fost mai mare pe toate nivelele de nutriție cercetate, în medie cu 1-2 mg/100 g de sol în faza de înfrățire față de martor. În faza de înflorire, conținutul s-a micșorat în medie de la 1 mg până la 3 mg/100 g de sol. În faza de maturitate deplină, conținutul de K_2O s-a restabilit la nivelul martorului. Referitor la conținutul potasiului schimbabil în stratul 20-40 cm de sol s-a stabilit o descreștere cu 1-2 mg/100 g de sol față de martor în toate fazele fenologice (tab. 4.5).

Tabelul 4.5. 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, kg/ha
	Înfrățire, cm		Înflorire, cm		Maturitate deplină, cm				
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
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

Scăderea conținutului de K_2O în stratul 0-40 cm de sol s-a datorat consumului intensiv de către sistemul radicular la formarea organelor vegetative și exportului cu producția din câmp. S-a observat că doza K_{60} , indiferent de nivelul de fosfor mobil în sol, a favorizat majorarea conținutului de potasiu schimbabil în stratul 0-20 cm și a menținut nivelul de K_2O în stratul 20-40 cm de sol pe întreaga perioadă ontogenetică, influențând rezistența plantelor la stresul hidric.

Rezerva de potasiu la varianta martor în stratul 0-40 cm de sol a constituit în medie 1694 kg/ha. Aplicarea dozei K_{60} pe variantele fertilizate indică cea mai scăzută rezervă cu K_2O la

nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ – 1656 kg/ha, sau cu 102 kg/ha mai puțin decât matorul. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a echilibrat rezerva medie de potasiu în stratul 0-40 cm de sol la nivelul variantei nefertilizate. Ca urmare, conținutul de K_2O s-a modificat nesemnificativ la fertilizarea minerală.

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

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

Cercetările realizate de către autor în comun cu doctorul în științe agricole V. Lungu asupra recoltelor grâului de toamnă pe cernoziomul carbonatic în anii agricoli 2011-2017 au stabilit la mator 2,13 t/ha, iar la nivelurile de nutriție $N_{60-120-180}P_{3,5}K_{60}$ – 2,83-3,07 t/ha boabe, sporind producția cu 33-44%. În anii agricoli 2012-2016, comparativ cu perioada 2011-2017, nivelul recoltei s-a micșorat la mator până la 1,83 t/ha, iar la variantele fertilizate a constituit 2,45-2,54 t/ha, asigurând sporuri de la 4% până la 45% [30; 43].

Seceta atmosferică puternică din anul agricol 2014-2015 a diminuat semnificativ recolta, constituind la mator 1,09 t/ha, iar la varianta $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ – 2,24 t/ha, cu un spor de 106% [9; 10].

În anul 2015-2016, recolta grâului la mator a constituit 2,76 t/ha boabe. Fertilizarea în doză N_{120} kg/ha în intervalul nivelului de fosfor mobil 1,0-3,5 mg $P_2O_5/100$ g de sol a contribuit la majorarea recoltei de la 3,00 t/ha până la 4,63 t/ha boabe, sporind cu 9-68% [12].

Anul agricol 2016-2017 a fost cel mai productiv din întreaga perioadă de cercetare, sporurile fiind semnificative, datorită asigurării solului cu rezerve de umiditate bune. La mator s-a obținut 3,22 t/ha boabe, iar pe nivelele de nutriție $N_{120}P_{3,0-3,5}K_{60}$ recoltele au fost de 5,67 t/ha, respectiv 5,51 t/ha, cu sporuri de 76% și 71% față de mator. Nivelele de nutriție $N_{120}P_{4,0-4,5}K_{60}$ au limitat nivelul recoltelor până la 5,55 t/ha boabe. Cel mai bine s-a evidențiat nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, de 5,78 t/ha, cu spor de 79% mai mult.

Anul agricol 2017-2018 a fost favorabil creșterii și dezvoltării grâului de toamnă. Nivelul de recoltă a fost de 2,72 t/ha la varianta mator, iar la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ a alcătuit 4,78 t/ha, stabilind un spor dublu de 2,06 t/ha, sau cu 76%.

Recolta medie pe întreaga perioadă de cercetare la mator a fost de 2,45 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 $N_{120}P_{1,0}K_{60}$ s-au stabilit minime – 2,93-3,01 t/ha, cu sporuri nesemnificative. Nivelele de nutriție fertilizate cu 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 $P_2O_5/100$ g de sol, au demonstrat, că recoltele s-au

diferențiat și au alcătuit la $N_{120}P_{1,5-3,5}K_{60}$ – 3,50-4,19 t/ha sau au sporit de la 43% până la 71%. Nivelele de nutriție fertilizate cu 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 stabilit că recoltele s-au diferențiat și au alcătuit la $N_{120}P_{1,5-3,5}K_{60}$ – 3,50-4,19 t/ha, sau au sporit de la 43% până la 71%.

Fondurile ridicate de fosfor mobil 4,0-4,5 mg P_2O_5 /100 g de sol au contribuit la majorări de 3,94-3,97 t/ha boabe, sporind nivelul recoltei cu 62%. Doza maximă de azot de 180 kg/ha pe nivelul de nutriție $P_{3,5}K_{60-120}$ a majorat parțial recoltele. Nivelul de nutriție cu efect agronomic a fost stabilit la $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ – 4,19 t/ha, sau 71% spor de producție (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	
	2014-2015		2015-2016		2016-2017		2017-2018		2014-2018	
	Recolta, t/ha	Spor, %	Recolta, t/ha	Spor, %	Recolta, t/ha	Spor, %	Recolta, t/ha	Spor, %	Recolta, t/ha	Spor, %
Martor	1,09	0	2,76	-	3,22	0	2,72	0	2,45	0
$N_{120}P_{1,0}K_{60}$	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
$N_0P_{3,5}K_{60}$	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	

Principalul indice de calitate – conținutul mediu de gluten umed, a indicat la martor 20,2%. Indicele de deformare a glutenului (IDG) a constituit la martor 84 de unități, clasificând boabele în grupa a doua de calitate. Nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ a ridicat nesemnificativ, față de martor, conținutul de gluten umed cu doar trei unități IDG față de martor, fenomen ce demonstrează convingător rolul azotului în sinteza proteinelor în boabe. La nivelul de nutriție $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, conținutul de gluten s-a majorat până la 29,4% cu IDG de 97 de unități. Aplicarea a 120 kg N/ha pe diferite nivele de fosfor mobil $P_{1,0-4,5}$ și K_{60} a permis obținerea unui conținut de gluten între 26,3 și 28,8%, fiind cu 6,1-8,6% mai mult decât la varianta martor. Într-un mod

diferit a fost eficientizată calitatea glutenului la aplicarea îngrășămintelor minerale în diferite doze cu NPK și PK prin majorarea indicelui de deformare a glutenului între 87 și 97 de unități, grupa a II-a, fiind slab satisfăcătoare. Aplicarea îngrășămintelor minerale a majorat conținutul de gluten umed (tab 5.2).

Producția de gluten la martor a constituit în medie 0,49 t/ha de gluten. Fertilizările cu 120 kg N/ha pe fonduri 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 combinație cu K₆₀ au majorat producția de gluten de la 0,82 t/ha la varianta N₁₂₀P_{1,0}K₆₀ până la 1,25 t/ha la N₁₂₀P_{3,5}K₆₀, sporurile alcătuind 66-133%. Nivelele scăzute de fosfor mobil 1,0-2,0 mg P₂O₅/100 g de sol, dar și dozele de azot 30-60-90 kg/ha pe nivelul 3,5 mg P₂O₅/100 g de sol au sporit nesemnificativ conținutul de gluten. Cel mai eficient nivel de nutriție în vederea acumulării glutenului în boabe s-a dovedit a fi N₁₂₀P_{2,5}K₆₀ pe fond moderat de fosfor mobil, care a permis stabilirea și obținerea conținutului de gluten umed ridicat pe parcursul a patru ani cercetați (tab. 5.2.).

Masa a 1000 de boabe este componentă a structurii și calității recoltei. La varianta martor masa a 1000 de boabe a fost de 31,6 g și între 33,0 și 37,3 g la nutriția minerală. Masa a 1000 de boabe la variantele N₁₂₀P_{1,5-2,0-2,5}K₆₀ s-a menținut în intervalele 33,5-33,8 g nediferențindu-se în mare parte. Majorări s-au stabilit la variantele N₁₂₀P_{3,0-3,5}K₆₀ - 34,7 g sau cu 3,1 g mai mult față de martor. Astfel, mărimea nivelului de fosfor mobil în sol a influențat greutatea boabelor prin majorarea consumului de azot, determinând intensificarea procesului de sinergism (tab. 5.2).

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

Varianta	Gluten umed, %	IDG, un.	Producția de gluten		Masa a 1000 de boabe, g	Masa hectolitrică, g/l
			t/ha	%		
Martor	20,2	84	0,49	0	31,6	712,3
N ₁₂₀ P _{1,0} K ₆₀	27,3	87	0,82	66	33,0	707,1
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	28,4	88	0,99	101	33,5	715,4
N ₁₂₀ P _{2,0} K ₆₀	27,9	95	1,03	109	33,8	727,0
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	27,3	89	1,06	114	33,5	714,3
N ₁₂₀ P _{3,0} K ₆₀	27,6	94	1,13	128	34,7	721,9
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	26,9	97	1,13	128	34,7	717,8
N ₁₂₀ P _{4,0} K ₆₀	26,3	96	1,04	111	35,6	728,2
N ₁₂₀ P _{4,5} K ₆₀	26,7	96	1,05	113	35,7	725,4
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	21,2	87	0,62	26	35,3	713,7
N ₃₀ P _{3,5} K ₆₀	26,1	90	0,88	77	34,4	717,3
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	25,2	96	0,91	84	35,6	713,5
N ₉₀ P _{3,5} K ₆₀	26,9	90	0,97	95	37,3	732,7
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	28,8	92	1,15	133	35,2	716,3
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	29,4	97	1,25	153	34,9	717,4
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₁₂₀	27,6	92	1,05	113	34,8	711,4

Masa hectolitrică a boabelor de grâu a constituit în medie 712,3 g la 1 litru. Devieri negative au fost observate la două nivele de nutriție: -0,9 g/l la $N_{180}P_{3,5}K_{120}$ și -5,2 g/l la $N_{120}P_{1,0}K_{60}$. Explicația este următoarea: în primul caz, excesul de azot și potasiu, iar în al doilea caz, surplusul de azot cu un conținut scăzut de fosfor mobil în sol, care au contribuit la dezvoltarea luxuriantă a aparatului foliar în defavoarea greutateii boabelor în spic. Valori ridicate a masei hectolitrice au fost stabilite pe fonduri ridicate de NPK.

Influența îngrășămintelor minerale asupra conținutului de proteină în anii agricoli 2014-2018 s-a manifestat pe nivelele de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ și $N_{120}P_{3,5}K_{60}$ prin valori înalte ale conținutului de proteină brută – 11,3% și netă – 10,5%, cu o producție de proteină medie de 434-452 kg/ha și adaos la 1 kg de azot de 1,8 kg față de varianta nefertilizată (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, kg/ha	Adaosul la 1 kg de azot	
	Conținutul de proteină brută, %	Conținutul de proteină netă, %		boabe, kg	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
$N_0P_{3,5}K_{60}$	10,1	9,4	297	0	0
$N_{60}P_{3,5}K_{60}$	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

În rezultatul cercetărilor s-a stabilit că sinteza proteinei în boabe a decurs neuniform, atât în dependență de îngrășămintă, cât și de condițiile meteorologice ale anului.

Interdependența indicilor calitativi cu recolta a scos în evidență existența unor legături medii și strânse semnificative cu stabilirea relațiilor pozitive puternice dintre conținutul de gluten umed și randamentul lui ($r^2=0,90$), legături medii înalte dintre randamentul de gluten și masa a 1000 de boabe ($r^2=0,42$), randamentul de gluten și masa hectolitrică ($r^2=0,35$), masa a 1000 de boabe și masa hectolitrică ($r^2=0,60$) și relații pozitive slabe dintre randamentul de gluten și masa a 1000 de boabe ($r^2=0,26$), conținutul de gluten umed și masa hectolitrică ($r^2=0,22$).

Valorile indicilor calitativi au corelat puternic și pozitiv cu recoltele. Din acestea, doar conținutul de gluten cu recolta a avut o corelație mai slabă, mediu exprimată.

6. EFICACITATEA ECONOMICĂ ȘI ENERGETICĂ A ADMINISTRĂRII ÎNGRĂȘĂMINTELOR MINERALE

6.1. Eficacitatea economică

Eficacitatea economică la grâul de toamnă fertilizat cu îngrășăminte minerale pe parcursul a patru ani agricoli (2014-2018) a fost influențată direct de nivelul recoltelor obținute, condițiile meteorologice, procedeele de fertilizare și prețul de achiziție a boabelor. Recuperarea cheltuielilor mai mult de 1,01 lei a fost posibilă la toate variantele fertilizate cu NPK. Ca urmare, dozele moderate de fosfor 40-90 kg/ha s-au dovedit a fi cele mai rentabile la cultivarea grâului de toamnă în condiții secetoase.

Actualizarea prețurilor pentru anul 2024 a influențat nesemnificativ venitul net față de perioada agricolă 2014-2018. Cheltuielile legate de fertilizarea chimică pentru aceleași sporuri de recoltă s-au majorat în medie de la 363 de lei la nivelul de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ până la 713 lei la $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, din pricina creșterii prețurilor la îngrășăminte și combustibil. Fertilizarea cu doze moderate de îngrășăminte chimice până la 120 kg N/ha, P_2O_5 – 40-90 kg/ha și 60 kg K_2O /ha asigură în continuare cea mai ridicată rentabilitate, de 42-57% (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	1057	2879	2183	697	32	1,32
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	87	60	1420	3871	2665	1206	45	1,45
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	193	60	484	1319	2972	-1652	-56	0,44
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	178	60	1177	3206	2975	231	8	1,08
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	187	60	1560	4252	3668	584	16	1,16
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	188	60	1808	4926	4275	651	15	1,15
Anul 2024									
N ₁₂₀ P _{1,5} K ₆₀	120	38	60	1057	3624	2546	1078	42	1,42
N ₁₂₀ P _{2,5} K ₆₀	120	87	60	1420	4872	3109	1763	57	1,57
N ₀ P _{3,5} K ₆₀	0	193	60	484	1661	3467	-1806	-52	0,48
N ₆₀ P _{3,5} K ₆₀	60	178	60	1177	4035	3471	564	16	1,16
N ₁₂₀ P _{3,5} K ₆₀	120	187	60	1560	5352	4279	1073	25	1,25
N ₁₈₀ P _{3,5} K ₆₀	180	188	60	1808	6200	4988	1213	24	1,24

În urma faptului că prețurile la îngrășăminte mereu cresc, se poate aștepta ca eficacitatea lor economică să scadă. În anul 2024 costurile pentru fertilizanzii chimici s-au majorat cu 26%

față de anul 2018. Astfel, în mărime respectivă se va reduce și rentabilitatea fertilizanților (tab. 6.1). Venituri de la aplicarea îngrășămintelor minerale s-au înregistrat la toate variantele fertilizate cu NPK. Așadar, în viitor, trendul cheltuielilor ce țin de inputurile financiare va fi în ascendență, deoarece producători locali depind de evoluția pieței externe. Grâul de toamnă în asolament cerealier în continuare va fi cultura cu cele mai mici cheltuieli, datorită nivelurilor de recolte relativ stabile.

6.2. Eficacitatea energetică

Sporirea recoltei conduce la creșterea nemijlocită a cheltuielilor energetice din contul îngrășămintelor minerale. Implementarea tehnologiilor eficiente energetic [17], are drept scop micșorarea cheltuielilor energetice la o unitate de recoltă. Atât inputurile de energie acumulată, cât și outputurile de energie permit cuantificarea eficienței energetice per cultură.

În mărimi absolute după substanța activă variantele cercetate $N_{120}P_{1,5}K_{60}$; $N_{120}P_{2,5}K_{60}$; $N_0P_{3,5}K_{60}$; $N_{60}P_{3,5}K_{60}$; $N_{120}P_{3,5}K_{60}$; $N_{180}P_{3,5}K_{60}$ corespund, respectiv: $N_{111}P_{38}K_{60}$, $N_{100}P_{87}K_{60}$, $N_{44}P_{193}K_{60}$, $N_{19}P_{178}K_{60}$, $N_{77}P_{187}K_{60}$, $N_{137}P_{188}K_{60}$.

În perioada agricolă 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 P_2O_5 /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 N_{180} kg/ha ambele cantități de NP au fost ridicate.

În această perioadă recuperarea cheltuielilor la cultivarea grâului de toamnă a constituit 1,45-1,46 unități de energie. Coeficienții bioenergetici s-au stabilit la variantele fertilizate cu îngrășămintă cu azot, complexe și cu potasiu mai mari de o unitate, justificând pe deplin aplicarea lor.

Varianta nefertilizată cu azotat de amoniu a înregistrat o eficiență energetică scăzută, de 0,67 unități de energie recuperate față de cheltuielile raportate la sporul de recoltă. Astfel, pentru asigurarea eficienței energetice înalte la grâul de toamnă cultivat pe cernoziomul carbonatic se recomandă aplicarea dozelor de 60 kg N/ha, 45-75 kg P_2O_5 /ha și potasiu până la 60 kg K_2O /ha.

Din analiza datelor prezentate în tabelele 6.2 și 6.3, s-au stabilit creșteri ale cheltuielilor directe și indirecte de energie la 1 hectar.

Cel mai scăzut consum s-a determinat la nivelul de nutriție $N_0P_{3,5}K_{60}$ în medie 11841 MJ/ha, iar cel mai înalt consum a fost confirmat la nivelul cu cele mai ridicate doze de NP: $N_{180}P_{3,5}K_{60}$, care a constituit în medie 25418 megajouli la 1 hectar.

Valori scăzute ale bilanțului energetic în producția totală s-au determinat la nivelurile de nutriție $N_{120}P_{1,5}K_{60}$ și $N_0P_{3,5}K_{60}$ în medie 136968, respectiv 132639 MJ/ha. Un bilanț energetic ridicat în producția principală s-a stabilit la dozele $N_{60-120}K_{60}$ pe nivelul de fosfor mobil $P_{3,5}$ mg/100 g de sol, de 46262-46355 MJ/ha (tab. 6.2).

**Tabelul 6.2. Eficacitatea energetică la cultura grâului de toamnă
în anii agricoli 2014-2018**

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	
$N_{120}P_{1,5}K_{60}$	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

Conform calculelor, s-a stabilit că la doza optimă $N_{120}P_{2,5}K_{60}$, producția principală de 3867 kg/ha a înregistrat cel mai eficient bilanț energetic – 47595 MJ/ha.

Randamentul mediu a fost ridicat la nivelul de nutriție $N_{60}P_{3,5}K_{60}$ și a constituit 12,1 unități total pe cultură și 4,5 unități la producția principală. Nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ a alcătuit pentru recolta secundară și principală 10,2 unități de energie dintre care 4,0 unități aparțin boabelor de grâu. S-a stabilit o evoluție invers proporțională dozelor de îngrășăminte, care, pe măsura creșterii masei, a redus efectiv randamentul. Ca urmare, rezultă că optimizarea eficacității energetice este strâns legată de recoltă, de dozele de îngrășăminte minerale aplicate și de cheltuielile de logistică (tab. 6.3).

**Tabelul 6.3. 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	
	unități		%		
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

Consumurile specifice înalte de energie la producerea grâului de toamnă au fost recuperate prin procesul de fotosinteză, cu o eficacitate medie de 554-1120% la îngrășămintele chimice pentru producția totală și de 175-307% la producția principală. 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 $N_{60}P_{3,5}K_{60}$.

Analizând consumul specific de energie la 1 kg de producție principală, s-a observat o diminuare a efortului energetic pe unitatea de produs. Majorarea consumurilor specifice de energie la 1 kg de producție a fost determinată de aplicarea dozelor de îngrășămintă 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 $N_{180}P_{3,5}K_{60}$. Eficacitate maximă din punct de vedere energetic s-a stabilit la nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Conform regimului pluviometric și termic, anii agricoli luați în cercetare au fost foarte diferiți. Anul agricol 2014–2015 a fost puternic secetos, 2015-2016 – umed moderat, 2016-2017 – foarte umed, 2017-2018 – an normal. Perioada anilor agricoli 2014-2018 s-a determinat în medie 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 N_{120} 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 $N_{120}P_{2,5}K_{60}$. 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 variantele fertilizate au scăzut treptat datorită consumului de către plante. Prin fertilizarea minerală raportată la nivelurile de recoltă, s-a stabilit că nivelul de nutriție $N_{120}P_{2,5}K_{60}$ 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:

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 se va administra 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. ANDRIEȘ, S. et al. *Instrucțiuni metodice privind diagnoza sistemului sol-plantă a nutriției minerale la grâul de toamnă*. Chișinău: Agroinformreclama, 1993. 37 p.
2. 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.
3. 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: Universitatea Agrară de Stat din Moldova, 2016, pp. 51-54. ISBN 978-9975-64-284-2.
4. *Anuarul statistic al Republicii Moldova 2018*. Chișinău: F.E.P. Tipografia Centrală, 2018. 465 p. ISBN 978-9975-53-418-5.
5. *Anuarul statistic al Republicii Moldova* [online]. © 2021 [citat 17.06.2021]. Disponibil: <https://statistica.gov.md/pageview.php?l=ro&idc=263&id=2193>.
6. BORLAN, Z., HERA, C. *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*. București: Ceres, 1973, pp. 105-109.
7. BOINCEN, Boris, STADNIC, Stanislav. Eficacitatea sistemului de fertilizare a culturilor de câmp în asolamentul din stepa Bălțiului. In: *Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană*. 6-7 septembrie 2017, Chișinău. Chișinău: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 35-41. ISBN 978-9975-71-927-8.
8. 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.
9. **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: F.E.P., 2015, pp. 199-201. ISBN 978-9975-53-508-3.
10. **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, 2015, pp. 57-58. ISBN 978-9975-3054-5-7.
11. **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: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 64-68. ISBN 978-9975-71-927-8.
12. **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: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 69-73. ISBN 978-9975-71-927-8.
13. *Diversificarea sortimentului de îngrășămintele 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.
14. GHEORGHIEV, Nicolae, STARODUB, Victor. *Studiul semințelor al culturilor de câmp*. Ch.: Print-Caro, 2010, pp. 121-145. ISBN 978-9975-4103-1-1.
15. *Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dîmo”: 60 ani*. Coord. T. Leah. Ch.: S.n., 2013. 49 p.

16. LEONARD, Ilie, Mihalache, Mircea. *Pedologie: aplicații practice*. București: Estfalia, 2013, pp. 136-138, 172-174. ISBN 978-606-8284-71-2.
17. 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.
18. MACHIDON, Mihail et al. *Catalagul soiurilor de plante al Republicii Moldova*. Chișinău: Lumina, 2014. 122 p.
19. *Programul complex de valorificare 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.
20. *SERVICIUL HIDROMETEORLOGIC DE STAT: Caracterizări ale vremii*. [citât 20.01.2019]. Disponibil: <https://old.meteo.md/mold/nsdecada.htm>
21. АРИНУШКИНА, Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. Москва: Издательство Московского Университета, 1970. 489 с.
22. АТАМАНЮК А.К. Водный режим и влагообеспеченность растений. В: *Вопросы исследования и использования почв Молдавии*. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1969, с. 234.
23. ВАДЮНИНА, А.Ф., КОРЧАГИНА, З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. В поле и лаборатории. Москва: Высшая школа, 1961, с. 167-168.
24. 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.
25. ДАРЕНСКИХ, Светлана. *Анализ посевных площадей пшеницы опубликовали международные эксперты* [online]. ГлавАгроном, 2024 [citât 07.05.2024]. Disponibil: <https://glavagronom.ru/news/analiz-posevnyh-ploshchadey-pshenicy-opublikovali-mezhdunarodnye-eksperty>
26. ЕФИМОВ, В.Н., КАЛИНИЧЕНКО, В.Г., ГОРЛОВА, М.Л. *Пособие к учебной практике по агрохимии*. Ленинград: Агропромиздат, 1988, с. 110-130.
27. КАЗАКОВ, Е.Д. *Методы определения качества зерна*. Москва: Колос, 1967, с. 84-180.
28. КРУПЕНИКОВ, И.А. *Черноземы: возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения*. Chisinau: Pontos, 2008. 285 с. ISBN 978-9975-102-66-7.
29. *Методические указания по оптимизации минерального питания зерновых культур с помощью методов растительной диагностики*. Москва: Колос, 1983. 54 с.
30. МИНЕЕВ, В.Г. и др. *Практикум по агрохимии*. М.: МГУ, 1989, с. 187-191. ISBN 5-211-00398-5.
31. МИНЕЕВ, В.Г. и др. *Практикум по агрохимии*. М.: МГУ, 2001, с. 170-176. ISBN 5-211-04265-4.
32. ПЕТЕРБУРГСКИЙ, А.В. *Практикум по агрономической химии*. М.: Колос, 1968, с. 29-30.
33. РОДЕ, А.А. *Водный режим почв и его регулирование*. Москва: Издательство Академии Наук СССР, 1963, с. 91-102.
34. СИНИЦИНА, Н.И., ГОЛЬЦБЕРГ, И.А., СТРУННИКОВ, Э.А. *Агроклиматология*. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973, с. 62-82.
35. УРСУ, А.Ф. и др. *Атлас почв Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1988, с. 83-87. ISBN 5-376-00509-7.

36. ЦЫГАНЮК, В. Экологические особенности регулирования фосфорного состояния почв. В: *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.
37. **ЧЕКИНА, В.В.** Расход воды озимой пшеницы на 0,1 т зерна и характеристика весеннего запаса влаги на карбонатном чернозёме, в зависимости от минерального питания. 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.
38. **ЧОКИНА, В.В.** Влияние минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы на карбонатном черноземе на Юге Республики Молдова. В: *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.
39. **ЧОКИНА, Виталий.** Динамика накопления азота и прогноз урожая озимой пшеницы. В: *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.
40. ШПААР, Д. и др. *Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование*. Киев: Зерно, 2012, с. 13-37. ISBN 978-966-1560-05-4.
41. 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.
42. **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>.
43. **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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. *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.

LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

Articole în reviste științifice

În reviste din bazele de date Web of Science și Index COPERNICUS, CABI

1. **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. [citât 08.12.2020]. ISSN 2285-5785. Disponibil: <http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2017/vol2017.pdf>.
2. **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. [citât 08.12.2020]. ISSN 2285-5785. Disponibil: http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2018/issue_2/vol2018_2.pdf.
3. **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. [citât 08.12.2020]. ISSN 2284-7995. Disponibil: http://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.19_3/volume_19_3_2019.pdf.

Articole în culegeri științifice

În lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

4. **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 марта 2019, Краснодар. Краснодар: Типография Кубанского государственного аграрного университета, 2019, с. 583-586. ISBN 978-5-00097-843-6. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/583-586_1.pdf. sau <http://www.ecokavkaz.ru/media/docs/conf/conf2019.pdf>.

În lucrările conferințelor științifice naționale (Republica Moldova)

5. 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: Universitatea Agrară de Stat din Moldova, 2016, pp. 51-54. ISBN 978-9975-64-284-2. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Vol_46_Cadastru_si_Drept_2016.pdf.
6. **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: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 64-68. ISBN 978-9975-71-927-8. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/64-68.pdf.
7. **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: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 69-73. ISBN 978-9975-71-927-8. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/69-73.pdf.
8. **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.
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/62-66_11.pdf.

În lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

9. **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. Bălți: Indigou Color, 2019, pp. 207-212. ISBN 978-9975-3316-1-6.
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/207-212_2.pdf.

Teze în culegeri științifice

În lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

10. **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.
<http://confer.uiesr.sops.gov.ua/Vinnitsa2016/paper/view/6052>.
11. **ЧЕКИНА, В.В.** Расход воды озимой пшеницы на 0,1 т зерна и характеристика весеннего запаса влаги на карбонатном чернозёме, в зависимости от минерального питания. In: *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.
<https://drive.google.com/file/d/11pAGGBPMedYueesfFXd7RRKnUHTnQA-x/view>.
sau <http://izpr.org.ua/index.php/ru/naukova-biblioteka.html>.

În lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

12. **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: F.E.P., 2015, pp. 199-201. ISBN 978-9975-53-508-3.
13. **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: Indigou Color, 2015, pp. 57-58. ISBN 978-9975-3054-5-7.
<http://tinread.usarb.md:8888/tinread/fulltext/capcelea/stiinta.pdf>.

Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

Recomandări practice (produs al cercetării științifice)

14. LUNGU, V., LEAH, N., **CIOCHINA, V.** et al. *Recomandări privind optimizarea regimurilor nutritive ale solurilor și aplicarea îngrășămintelor la culturile de câmp*. Chișinău: Lexon-Prim, 2021. 80 p. ISBN 978-9975-3291-3-2.

Brevete de invenții, obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

Eliberate de Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală

15. RUSU, Alexandru, **CIOCHINA, Vitalie.** Procedeu de fertilizare extraradiculară a grâului. Invenția se referă la agricultură, și anume la un procedeu de fertilizare extraradiculară a grâului. Brevet de Invenție de Scurtă Durată. Nr. 1330.

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, 120 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 nivelurilor 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-educational.

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, 120 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, 120 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.

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

Rezumatul tezei de doctor în științe agricole

Aprobat spre tipar: 14.05.2025
Hârtie ofset. Tipar ofset
Coli de tipar: 2,2

Formatul hârtiei: 60x84 1/16
Tiraj. 50
Comanda nr. 48

Centrul Editorial-Poligrafic al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă”
din Chișinău, str. Ion Creangă, nr. 1, MD-2069