

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris
C.Z.U.: 631.58:631.153:633.1(478)(043)

CEBANU DORIN

**SISTEMUL CONSERVATIV DE AGRICULTURĂ ÎN ZONA DE NORD A
REPUBLICII MOLDOVA**

411.01 AGROTEHNICA

Teză de doctor în științe agricole

Conducător științific:

BOINCEAN Boris

membru corespondent al AȘM,
doctor habilitat, profesor cercetător

Autor:

Chișinău, 2025

© Cebanu Dorin, 2025

CUPRINS

ADNOTARE	4
LISTA ABREVIERILOR.....	12
INTRODUCERE	13
1. SISTEMUL CONSERVATIV DE AGRICULTURĂ CA ALTERNATIVĂ SISTEMULUI CONVENȚIONAL DE AGRICULTURĂ	20
1.1. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra productivității culturilor în asolament.....	27
1.2. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra fertilității solului (proprietățile agrofizice, agrochimice și biologice)	32
1.3. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra gradului de îmburuienare a semănăturilor la diferite culturi.....	34
1.4. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra încălzirii globale prin sechestrarea carbonului	40
Concluzii la Capitolul 1:	46
2. CONDIȚIILE ȘI METODELE DE CERCETARE	48
2.1. Condițiile meteorologice	48
2.2. Metode și condiții de cercetare.....	51
Concluzii la Capitolul 2:	58
3. PRODUCȚIA CULTURILOR CEREALIERE DE TOAMNĂ DUPĂ PORUMB PENTRU BOABE ȘI PREMERGĂTORI TIMPURII ÎN DIFERITE ASOLAMENTE DEC CÂMP DE LUNGĂ DURATĂ	59
3.1. Producția grâului de toamnă, soiul „Vestitor”, în experiența de câmp de lungă durată pe asolamente și în cultura permanentă.....	59
Concluzii la Capitolul 3:	72
4. INFLUENȚA SISTEMULUI CONSERVATIV DE LUCRARE A SOLULUI ASUPRA REZERVELOR DE APĂ ACCESIBILĂ DIN SOL	74
4.1. Posibilități de acumulare a apei în sol în dependență de premergător și metoda de lucrare a solului.....	74
4.2. Influența fertilizării, asolamentului și resturilor vegetale asupra proprietăților agrofizice ale solului la cultivarea orzului de toamnă folosind semănatul direct	80
Concluzii la Capitolul 4:	86
5. REGIMUL NUTRITIV ȘI PARAMETRII AGROFIZICI AI SOLULUI	87
5.1. Indicatorii agrochimici	87
5.2. Indicatorii agrofizici.....	95
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	101
BIBLIOGRAFIE	103

ADNOTARE

Cebanu Dorin, Sistemul Conservativ de Agricultură în zona de Nord a Republicii Moldova, teză de doctor în științe agricole, Chișinău, 2025.

Structura tezei: introducere, 5 capitole, concluzii generale și recomandări, 114 pagini de text de bază, bibliografie din 109 surse, 45 tabele, 28 figuri. Rezultatele obținute au fost publicate în 9 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: agricultura conservativă, fertilitatea solului, materia organică a solului, managementul durabil și rezilient a solului, cernoziom, degradarea solului, încălzire globală, sechestrarea carbonului, producția culturilor, asolament.

Scopul lucrării: constă în examinarea posibilității adoptării lucrării zero a solului la cultivarea culturilor cerealiere de toamnă, în special a grâului și orzului de toamnă, în contextul respectării unui asolament diversificat pe Cernoziomul Tipic din stepa Bălțului.

Obiectivele cercetării: includ studierea condițiilor climaterice, evaluarea producției cerealelor de toamnă în funcție de procedeele agrotehnice, determinarea consumului și rezervei de apă din sol, analiza efectelor asolamentului și resturilor vegetale asupra producției, precum și impactul lucrării zero a solului în adaptarea la secetele specifice Zonei de Nord a Republicii Moldova.

Noutatea și originalitatea științifică: constă în analiza integrată a impactului semănatului direct asupra cerealelor de toamnă, cu accent pe asolament și gestionarea resturilor vegetale. Studiul evaluează acumularea apei în sol sub tehnologii conservative și convenționale, în condiții de precipitații neuniforme.

Rezultatul obținut care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante: rezultatele susțin tranziția către un sistem agricol sustenabil, evidențiind acumularea apei în sol folosind resturi vegetale și lucrarea zero a solului, cu reducerea costurilor și impactului asupra mediului.

Semnificația teoretică: cercetările confirmă viabilitatea lucrării zero a solului într-un sistem agricol sustenabil, susținând agricultura conservativă pentru gestionarea durabilă a cernoziomului.

Valoarea aplicativă: Rezultatele cercetărilor asupra sistemului conservativ de lucrare a solului sprijină tranziția către sisteme de agricultură durabilă, oferind o bază pentru educație și adoptarea unui sistem agricol adaptat provocărilor actuale.

Implementarea rezultatelor științifice: a fost realizată în 2 gospodării agricole: FocaroAgro-1159 ha și Micu &Co SRL – 53,2 ha.

АННОТАЦИЯ

Чебану Дорин, Консервативная Система Земледелия в Северной Зоне Республики Молдова, диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, Бэлць, 2025 г.

Структура диссертации: введение, 5 глав, общие выводы и рекомендации, 114 страниц основного текста, библиография из 109 источников, 45 таблиц, 28 рисунка. Результаты работы опубликованы в 9 научных работах.

Ключевые слова: консервативное земледелие, плодородие почвы, органическое вещество почвы, устойчивый и жизнеспособный менеджмент почв, чернозём, деградация почвы, глобальное потепление, секвестрация углерода, растениеводство.

Цель работы: заключается в изучении возможности применения прямого посева при возделывании озимых зерновых культур, в частности озимой пшеницы и ячменя, в контексте соблюдения разнообразного севооборота на типичном черноземе беляцкой степи.

Задачи исследования: включает изучение климатических условий, оценку урожайности озимых зерновых культур в зависимости от агротехнических методов, определение потребления и запасов воды в почве, анализ влияния севооборота и растительных остатков на урожайность, а также влияние нулевой обработки на адаптацию к засухам, характерным для северной части Республики Молдова.

Научная новизна и оригинальность: заключается в комплексном анализе влияния прямого посева на озимые зерновые культуры с акцентом на севооборот и управление растительными остатками. Исследование оценивает накопление воды в почве при использовании консервативных и традиционных технологий в условиях неравномерных осадков.

Полученный результат, способствующий решению важной научной проблемы: исследования подтверждают эффективность нулевой обработки почвы в устойчивой сельскохозяйственной системе, поддерживая консервативное земледелие для устойчивого использования чернозема.

Практическое значение: результаты исследований по Системе Консервативного Земледелия поддерживают переход к устойчивым практикам, обеспечивая основу для образования и внедрения сельскохозяйственной системы, адаптированной к современным вызовам.

Значение для применения: было выполнено в 2 сельскохозяйственных хозяйствах: FocaroAgro – 1159 га и Micu & Co SRL – 53,2 га.

ANNOTATION

**Dorin Cebanu, Conservation Agriculture System in the Northern Part of Moldova,
PhD thesis in agricultural sciences, Chisinau, 2025.**

Structure of the thesis: introduction, 5 chapters, general conclusions and recommendations, 114 pages of basic text, bibliography from 109 sources, 45 tables, 28 figures. The obtained results were published in 9 scientific papers.

Keywords: conservation agriculture, soil fertility, soil organic matter, sustainable and resilient soil management, chernozem, soil degradation, global warming, carbon sequestration, crop production, crop rotation.

The purpose of the work: it consists of examining the possibility of adopting zero tillage for the cultivation of winter cereal crops, particularly winter wheat and barley, in the context of maintaining a diversified crop rotation on Typical Chernozem in the Bălți Steppe.

The objectives of the research: include studying climatic conditions, evaluating the yield of winter cereals based on agricultural practices, determining water consumption and soil water reserves, analyzing the effects of crop rotation and plant residues on production, as well as assessing the impact of No-tillage on adaptation to droughts specific to the northern region of the Republic of Moldova.

Scientific novelty and originality: consists of an integrated analysis of the impact of direct seeding on winter cereals, with a focus on crop rotation and plant residue management. The study evaluates soil water accumulation under conservative and conventional technologies in conditions of uneven precipitation.

The result obtained that contributes to the solution of an important scientific problems: the results support the transition to a sustainable agricultural system, highlighting soil water accumulation through plant residues and zero tillage, while reducing costs and environmental impact.

Theoretical significance: the research confirms the viability of zero tillage in a sustainable agricultural system, supporting conservation agriculture for the sustainable management of chernozem soil.

Implementation of scientific results: took place in two agricultural farms: FocaroAgro – 1159 ha and Micu & Co SRL – 53.2 ha.

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1. Schimbarea conținutului de humus în solurile de cernoziom, precum și pierderea acestuia din stratul arabil (0-30 cm), timp de 100 de ani, în regiunea Europeană a URSS.....	22
Tabelul 1.2. Modificări în structura suprafețelor cultivate în Republica Moldova, în perioada anilor 1990-2012	24
Tabelul 1.3. Valorile pentru randamentul No-till, producția obținută folosind lucrarea convențională a solului, durata, rata de azot anorganic și indicele de ariditate sunt prezentate ca medie ponderată ± abaterea standard ponderată.....	31
Tabelul 1.4. Efectul lucrării solului asupra masei uscate a buruienilor (g/m^2), la cultivarea orezului și grâului, în momentul recoltării, după Mishra și colab. (2012a).....	34
Tabelul 1.5. Densitatea diferitelor specii de buruieni (nr. m^{-2}) și producția de materie uscată de buruieni (g m^{-2}) la orez în diferite verigi ale asolamentului și producția de cereale	38
Tabelul 1.6. Combaterea buruienilor prin mulci ce posedă efect alelopativ, încorporarea reziduurilor de cultură, culturi de acoperire și culturi intercalate.....	39
Tabelul 1.7. Evaluarea estimativă a emisiilor echivalente de carbon pentru o serie de operațiuni de lucrare a solului	42
Tabelul 1.8. Estimări ale emisiilor de carbon pentru producția, transportul, depozitarea și transferul de produse chimice agricole	43
Tabelul 1.9. Schimbări în rezerva de materie organică a solului (după carbon) în perioada 1962-2012, experiența de câmp de lungă durată a ICCC „Selecția” în asolamente și în culturi permanente, stratul de sol 0-20 cm, t/ha.....	45
Tabelul 2.1. Schema amplasării culturilor în asolament, lucrarea solului și fertilizarea în experiența de lungă durată pe asolamente.....	52
Tabelul 2.2. Schema amplasării culturilor, metoda de lucrare a solului și sistemele de fertilizare în experiența de câmp de lungă durată pe agricultura ecologică	55
Tabelul 2.3. Schema aplicării dozelor de resturi vegetale de porumb sub orzul de toamnă	56
Tabelul 2.4. Schema experienței de câmp de lungă durată cu culturi permanente.....	57
Tabelul 3.1. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” în dependență de asolament, premergător și fertilizare, la folosirea lucrării zero și lucrării solului cu grapa cu discuri, pentru anii 2019-2021	59
Tabelul 3.2. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” în dependență de premergător, asolament și fertilizare la folosirea No-till și lucrării solului cu grapa cu discuri, media pentru anii 2019-2021	60

Tabelul 3.3. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” cultivat după premergători timpurii, pentru anii 2019-2021, t/ha și %.....	61
Tabelul 3.4. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” în dependență de premergător, asolament și fertilizare, media pentru anii 2019-2021.....	63
Tabelul 3.5. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” cultivat în asolament, după porumb pentru siloz, pentru anii 2019-2021	63
Tabelul 3.6. Producția grâului de toamnă (soiul „Vestitor”), semănat după porumb pentru siloz, în dependență de asolament și fertilizare, media pentru anii 2019-2021	64
Tabelul 3.7. Producția grâului de toamnă cultivat în cultură permanentă (2019-2021, t/ha).....	65
Tabelul 3.8. Producția grâului de toamnă, soiul „Vestitor”, după porumb pentru boabe la aplicarea sistemului de lucrare zero a solului pentru anii 2019-2021.....	65
Tabelul 3.9. Producția orzului de toamnă, soiul „Scînteia”, în dependență de premergător, asolament și fertilizare la folosirea lucrării zero și lucrării solului cu grapa cu discuri, pentru anii 2019-2021.....	66
Tabelul 3.10. Producția orzului de toamnă, soiul „Scînteia”, în dependență de premergător, asolament și fertilizare la folosirea semănatului direct, media pentru anii 2019-2021	67
Tabelul 3.11. Producția orzului de toamnă, soiul „Scînteia” cultivat în cultura permanentă, anii 2019-2021.....	68
Tabelul 3.12. Efectul asolamentului la cultivarea orzului de toamnă folosind sistemul No-till, după porumb pentru boabe, media pentru anii 2019-2021, t/ha și %.....	68
Tabelul 3.13. Producția orzului de toamnă semănat direct (No-till) după porumb pentru boabe în dependență de doza de resturi vegetale aplicată și fondul de fertilizare, pentru anii 2019-2021..	69
Tabelul 3.14. Producția orzului de toamnă în dependență de asolament și fertilizare, anii 2019-2021, t/ha	71
Tabelul 3.15. Producția orzului de toamnă în dependență de asolament și sistemul de fertilizare, media pentru 2019-2021.....	71
Tabelul 4.1. Metodologia de prelevare a probelor de sol, cm	74
Tabelul 4.2. Rezerva de apă accesibilă în sol toamna la semănatul grâului de toamnă după diferiți premergători și diferite metode de lucrare a solului	74
Tabelul 4.3. Rezerva de apă accesibilă în sol toamna la semănatul grâului de toamnă în veriga asolamentului cu premergători timpurii	76
Tabelul 4.4. Influența asolamentului asupra rezervei de apă accesibilă sub cultura grâului de toamnă, la semănat, cultivat în asolament după porumb pentru siloz	77

Tabelul 4.5. Acumularea apei în sol în perioada toamnă – iarnă – primăvară sub cultura grâului de toamnă semănat direct (No-till), media pentru anii 2019-2021, mm.....	78
Tabelul 4.6. Acumularea apei în sol în perioada toamnă – iarnă – primăvară sub cultura grâului de toamnă semănat după diferiți premurgători, media pentru anii 2019-2021, mm.....	79
Tabelul 4.7. Acumularea apei în sol în perioada toamnă – iarnă – primăvară sub cultura grâului de toamnă semănat după porumb pentru siloz, media pentru anii 2019-2021, mm.....	79
Tabelul 4.8. Rezerva de apă a accesibilă în sol toamna după semănatul orzului de toamnă, sub recolta anului 2019	80
Tabelul 4.9. Rezerva de apă accesibilă în sol toamna, după semănatul orzului de toamnă, sub recolta anului 2020	81
Tabelul 4.10. Rezerva de apă a accesibilă în sol toamna după semănatul orzului de toamnă, sub recolta anului 2021	81
Tabelul 4.11. Rezerva de apă a accesibilă în sol toamna, după semănatul orzului de toamnă, media pentru anii 2019-2021.....	82
Tabelul 4.12. Acumularea apei în sol la cultivarea orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe în perioada toamnă – iarnă – primăvară, anul agricol 2018-2019	82
Tabelul 4.13. Acumularea apei în sol la cultivarea orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe în perioada toamnă – iarnă – primăvară, anul agricol 2019-2020	83
Tabelul 4.14. Acumularea apei în sol la cultivarea orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe în perioada toamnă – iarnă – primăvară, anul agricol 2020-2021	83
Tabelul 4.15. Influența diferitor doze de resturi vegetale asupra rezervei de apă din sol (mm) pe diferite fonduri de fertilizare, la cultivarea orzului de toamnă, semănat direct după porumb pentru boabe, anul 2020.....	84
Tabelul 4.16. Influența diferitor doze de resturi vegetale asupra rezervei de apă din sol (mm) pe diferite fonduri de fertilizare, la cultivarea orzului de toamnă, semănat direct (No-Till) după porumb pentru boabe, anul 2021	85
Tabelul 5.1. Conținutul de COS în experiența de lungă durată pe agricultura ecologică, anul 2020	89

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1. Wind erosion in the Southern Plains of the U.S. during the Dust Bowl era revealed the perils of plow-based farming.....	20
Fig. 1.2. Consecințele furtunii de praf pe câmpurile ICCC „Selecția”, anul 2019.....	20
Fig. 1.3. Principiile sistemului conservativ de agricultură	26
Fig. 1.4. Influența diferitor tipuri de lucrare a solului asupra distribuirii semințelor în sol pe straturi, după Chauhan and Johnson (2009).....	36
Fig. 1.5. Dinamica consumului de motorină în agricultură	44
Fig. 2.1. Cantitatea totală de precipitații căzute în perioada anilor de studii și suma medie multianuală, în baza datelor obținute la stațiunea meteorologică a ICCC „Selecția”	48
Fig. 2.2. Analiza precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2018-2019 comparativ cu media multianuală, în baza datelor obținute la stația meteorologică a ICCC „Selecția”	49
Fig. 2.3. Analiza precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2019-2020 comparativ cu media multianuală, în baza datelor obținute la stația meteorologică a ICCC „Selecția”	50
Fig. 2.4. Analiza precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2020-2021 comparativ cu media multianuală, în baza datelor obținute la stațiunea meteorologică a ICCC „Selecția”	50
Fig. 2.5. Dinamica temperaturilor aerului atmosferic, pentru anii agricoli 2018-2019, 2019-2020 și 2020-2021, conform stațiunii meteorologice a ICCC „Selecția” din Bălți.....	51
Fig. 2.6. Mărunțirea resturilor vegetale cu ajutorul tocătorului.....	54
Fig. 3.1. Pătulirea grâului de toamnă.....	62
Fig. 3.2. Producția orzului de toamnă în dependență de fertilizare și doza de resturi aplicată, media pentru 3 ani	70
Fig. 5.1. Distribuirea pe straturi a conținutului de COS în funcție de asolament și fertilizare.....	88
Fig. 5.2. Conținutul de carbon organic în sol, experiența de câmp de lungă durată pe asolamente, anul 2020	88
Fig. 5.3. Conținutul de COS în experiența de lungă durată pe agricultura ecologică, anul 2020	89
Fig. 5.4. Dinamica conținutului de NO ₃ sub grâul de toamnă pentru anii 2019-2021	91
Fig. 5.5. Dinamica conținutului de P ₂ O ₅ sub grâul de toamnă pentru anii 2019-2021.....	92
Fig. 5.6. Dinamica conținutului de K ₂ O sub grâul de toamnă pentru anii 2019-2021.....	92
Fig. 5.7. Dinamica conținutului de NO ₃ sub orzul de toamnă cultivat în experiența pe agricultura ecologică, anii 2019-2021	93
Fig. 5.8. Dinamica conținutului de P ₂ O ₅ sub orzul de toamnă cultivat în experiența pe agricultura ecologică, anii 2019-2021	94

Fig. 5.9. Dinamica conținutului de K_2O sub orzul de toamnă cultivat în experiența pe agricultura ecologică, anii 2019-2021	95
Fig. 5.10. Structura solului în ogor negru.....	96
Fig. 5.11. Structura solului în pârlăoagă	96
Fig. 5.12. Conținutul de carbon în sol în funcție de variantele studiate (stratul de sol 0-20 cm), anul 2020, ICCC „Selecția”, %	97
Fig. 5.13. Rezerva de carbon în stratul de sol 0-100 cm în funcție de variantele studiate, t/ha, anul 2020, ICCC „Selecția”, %	97
Fig. 5.14. Densitatea aparentă a solului în funcție de variantele studiate, g/cm^3 , vara anului 2020, ICCC „Selecția”.....	98
Fig. 5.15. Porozitatea totală a solului în funcție de variantele studiate, anulului 2020, ICCC „Selecția”, %.....	98
Fig. 5.16. Capacitatea de câmp a solului pe variantele studiate, vara anului 2020, ICCC „Selecția”, %.....	99

LISTA ABREVIERILOR

AC – Agricultura conservativă;

Asol. – asolament;

ATP – adenzin trifosfat;

CO₂ – dioxid de carbon;

COS – carbon organic din sol;

CE – carbon echivalent;

CH₄ – metan;

ICCC – Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp;

IPPC – Grupul Interguvernamental pentru Schimbări Climatice;

NO₃ – nitrați;

N – azot;

N₂O, NO – oxizi de azot;

NT – no tillage;

P – fosfor;

K – potasiu;

MOS – Materia organică din sol;

P₂O₅ – oxizi de fosfor;

K₂O – oxizi de potasiu;

SCA – Sistemul Conservativ de Agricultură.

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei de cercetare. Solul și fertilitatea acestuia sunt factorii centrali care au influențat dezvoltarea comunităților umane, a civilizației și a întregii societăți moderne.

Istoria agriculturii a fost, în mare măsură, o poveste despre relația dintre sol și practicile agricole. Lucrarea solului a constituit întotdeauna o componentă centrală în evoluția agriculturii la nivel global. Din momentul în care omul a învățat să cultive pământul și să obțină recolte din el, nevoia de nomadism a dispărut și omenirea a trecut la un stil de viață sedentar. Sapa de lemn a fost înlocuită cu unelte grele care săpau solul, distrugându-i întregul microcosmos. Oamenii au uitat că pământul de sub picioarele lor este la fel un mediu de viață ca și cel în care trăim noi înșine. Prin urmare, acest moment a marcat începutul agriculturii, dar a dat și impuls formării provocărilor moderne de ordin economic, ecologic și social [11, 55, 95].

După Primul Război Mondial, agricultura a intrat într-o fază de intensificare, cu scopul de a obține producții mai mari. Această intensificare s-a bazat, în principal, pe sporirea utilizării lucrării solului și a produselor agrochimice, ca parte a gestionării elementelor nutritive și protecției plantelor cu scopul de a majora nivelul de producție al culturilor. Inițial, acest proces a început în America de Nord, însă după cel de-al Doilea Război Mondial, s-a extins și în alte țări industrializate din Europa, Eurasia, precum și în Australia, Noua Zeelandă și în țările independente tropicale cu economii emergente, cum ar fi cele din America Latină și Asia de Sud. Acest fenomen a fost în mare măsură influențat de mișcarea cunoscută sub numele de „*Revoluția Verde*”, care s-a răspândit dinspre Vest [63].

Metodele de gestionare a solului în agricultură însă, au un impact semnificativ asupra diverselor ecosisteme din întreaga lume și sunt responsabile pentru o serie de probleme ecologice. Unele dintre principalele probleme ecologice, economice și sociale, asociate agriculturii sunt degradarea solurilor și eroziunea. Importanța și consecințele acestor probleme sunt descrise clar în cartea lui David R. Montgomery „*Eroziunea civilizațiilor*”, care vorbește despre distrugerea marilor civilizații avansate care au neglijat importanța solurilor. Filosoful și politologul englez Francis Bacon a spus: „*Trei lucruri fac o națiune mare și prosperă: pământul fertil, industria activă și ușurința în circulația oamenilor și a mărfurilor*”. Dar într-adevăr totul începe cu solul. *Cei care dețin pământ fertil și știu să-l gestioneze au dreptul de a dicta legi și de a stabili ordine*” [11, 73, 95].

În goana după recolte mari, agricultura a devenit o victimă și, în același timp, una dintre pricinile încălzirii globale. Potrivit Agenției Internaționale pentru Energia Atomică, agricultura

contribuie cu 30% la emisiile de gaze cu efect de seră, ca urmare a perturbării ciclului carbonului [118].

Lucrarea solului nu contribuie cu nimic la asigurarea sănătății solului, ba chiar din contra duce la degradarea sănătății (calității) solului, poluarea apei și a aerului cât și intensifică eroziunea. Percepția precum că resursele de sol sunt infinite a dus la consecințe devastatoare așa ca degradarea severă a terenurilor în mai multe părți ale lumii. Astfel, în fiecare an milioane de tone de sol sunt pierdute prin eroziune în întreaga lume [9, 46, 55].

Cercetările efectuate la Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”, reflectă o situație îngrijorătoare cu privire la degradarea solurilor în Republica Moldova. Constatările arată că cernoziomul tipic a suferit pierderi semnificative de MOS în urma lucrării intensive a acestuia, în special prin arătura cu plug cu cormană. Această degradare este asociată direct cu modul de gestionare agricolă, subliniind consecințele negative ale lucrării solului asupra sănătății acestuia [13].

Prin urmare, concluziile cercetărilor indică necesitatea unei abordări sistemice în gestionarea activităților agricole, capabile nu doar să protejeze fertilitatea solului, dar și să furnizeze servicii ecosistemice oferite de acesta [73].

Reieșind din cele menționate mai sus reiese că modul de lucrare a solului în cadrul sistemului de agricultură stabilit în Moldova necesită reexaminat în vederea optimizării sau excluderii lucrării solului în condițiile zonei de Nord a Republicii Moldova.

Gradul de studiere a temei abordate. La momentul actual în Republica Moldova lipsesc cercetări privind sistemul de AC, cu includerea tuturor principiilor sale de bază: disturbanța minimă a solului; diversificarea culturilor și menținerea solului permanent acoperit. La nivel internațional însă există foarte multe studii în domeniul sistemului de AC, efectuate în diferite condiții și diverse arealuri geografice. Printre pionerii cercetărilor în sistemul de AC pot fi considerați: Sir Albert Howard, care a promovat tehnologii agricole orientate spre menținerea sănătății și fertilității solului în cartea sa renumită „*An agricultural testament*” (1940); Edward Faulkner, un fermier și autor american care prin cartea sa cunoscută sub denumirea „*Plowman's folly*” (1943), a manifestat critică față de sistemul de agricultură convențională și a încurajat folosirea tehnologiilor conservative, bazate la acel moment pe lucrarea minimă a solului și lucrarea zero (No-till); Don Reicosky, a adus contribuții semnificative în domeniul AC începând cu ultimele decenii a secolului XX, promovând activ și în prezent sistemul de AC [95].

Tatăl sistemului de agricultură conservativă este considerat pe bună dreptate prof. Rattan Lal, care a demonstrat la modul practic beneficiile și daunele diferitor metode de lucrare a solului [59, 61, 79].

Cercetările efectuate de Andriuca V. ș.a. evidențiază faptul că implementarea sistemului No-till pe solurile de cernoziom argilo-iluviale și levigate luto-argiloase contribuie semnificativ la îmbunătățirea calității solului, eficienței utilizării apei și productivității culturilor. Această abordare agricolă se dovedește a fi o opțiune valoroasă pentru promovarea agriculturii sustenabile, în special în condiții de secetă [5].

Un studiu realizat de autorii Cojocaru Olesea, Panfil Gheorghe și Panfil Petru relevă că tehnologiile conservative, în special No-till și Mini-till, oferă soluții eficiente pentru provocările actuale din agricultură, contribuind la îmbunătățirea productivității și sustenabilității agriculturii în condiții de mediu dificile prin următoarele modalități: reducerea eroziunii solului; îmbunătățirea structurii solului; conservarea umidității în sol; reducerea costurilor de producție; îmbunătățirea ciclului nutrienților etc. [34].

Rezultatele obținute de Baltag G., evidențiază modificări esențiale în structura costurilor unitare ale culturilor analizate, în funcție de nivelul nutrienților [8].

Cercetările realizate la Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția” din Bălți, includ în cadrul experimentelor de câmp de lungă durată studierea diferitor sisteme de agricultură durabilă, inclusiv ecologică. În cadrul elaborării tezei de doctorat au fost realizate cercetări în domeniul sistemului conservativ de lucrare a solului la culturile cerealiere de toamnă, cu publicarea rezultatelor în diferite articole științifice naționale și internaționale de către autorul tezei și membrii echipei de cercetare [13, 17, 18, 19, 96, 99].

Republica Moldova însă, are nevoie de cercetări sistemice și interdisciplinare în domeniul AC pentru a contribui la adaptarea sistemului de AC la condițiile locale. Lipsa de cunoștințe la implementarea sistemului de AC ar putea crea dificultăți serioase în promovarea lui și la implementarea acestuia de către fermieri. De aceea, în anul 2023 la ICCC „Selecția” a fost fondată o experiență separată pe AC cu aplicarea principiilor AC pentru toate culturile în asolament.

Scopul cercetării prevede studierea posibilității de excludere a lucrării solului la cultivarea culturilor cerealiere de toamnă (grâu de toamnă și orz de toamnă) în cadrul asolamentului folosind semănătoarea No-tillage, în vederea reducerii cheltuielilor de producție și adaptarea la schimbările climatice.

Pentru atingerea scopului propus au fost trasate următoarele obiective:

- studierea condițiilor climatice din anii de studiu 2019-2021;
- studierea producției culturilor cerealiere de toamnă în dependență de premergător la folosirea No-till și a lucrării solului cu grapa cu discuri;

- determinarea rezervei de apă accesibilă în sol și calcularea consumului de apă la formarea unei tone de grâu de toamnă semănat direct (metoda No-till) după porumb pentru boabe în dependență de asolament;
- compararea rezervei de apă accesibilă în sol și a consumului de apă la cultivarea grâului de toamnă în dependență de premergători și condițiile anului;
- studierea producției orzului de toamnă în experiența pe agricultura ecologică, în dependență de asolament și fertilizare în lipsa mijloacelor chimice de combatere a bolilor, dăunătorilor și buruienilor;
- studierea influenței diferitor doze de resturi vegetale de porumb asupra producției orzului de toamnă la folosirea semănatului direct (metoda No-till);
- analiza posibilității de acumulare a apei în sol la cultivarea grâului de toamnă folosind semănatul direct (metoda No-till);
- determinarea densității aparente a solului la cultivarea orzului de toamnă în experiențele studiate.

Ipoteza științifică. Sistemele de agricultură bazate pe lucrarea solului s-au dovedit a fi neeficiente din punct de vedere economic din cauza creșterii prețurilor la combustibil, având concomitent un impact negativ considerabil asupra mediului ambiant și sănătății oamenilor. Lucrarea solului influențează atât direct cât și indirect încălzirea globală. Drept efecte directe am putea considera: arderea combustibilului în momentul efectuării unui set de lucrări; mineralizarea intensă a materiei organice din sol în urma arăturii; lipsa acoperirii solului cu vegetație pentru o perioadă îndelungată, ceea ce majorează pericolul de eroziune etc. Ca efect indirect ar putea fi considerat - necesitatea majorării dozelor de îngrășăminte minerale și pesticide ca consecință a pierderii fertilității solului. La fabricarea îngrășămintelor minerale se emit cantități enorme de CO₂ [16].

Sistemul de AC ar putea răspunde la aceste provocări prin reducerea disturbăței mecanice a solului, diversificarea culturilor și menținerea solului permanent acoperit cu mulci. Cu alte cuvinte, AC presupune imitarea ecosistemelor naturale de către cele agricole, cu reducerea cheltuielilor de producție.

Metodele cercetărilor științifice. Cercetările au fost efectuate în conformitate cu metodologia de cercetare utilizată la ICCC „Selecția”, cu respectarea programului de lucru aprobat la Ședința Consiliului Științific. Pentru realizarea scopului și obiectivelor cercetărilor, în afară de efectuarea analizelor tradițional efectuate în cadrul programului de cercetare de către Laboratorul de Tehnologii Agricole și Sisteme Agrotehnice, suplimentar au fost realizate următoarele:

- densitatea aparentă a solului – după metoda cilindrelor;
- porozitatea totală a solului – prin calcul;
- rezerva de apă accesibilă – prin metoda gravimetrică;
- determinarea conținutului de nitrați cu ajutorul ionometrului [111];
- conținutul de P și K – după Ciricov [111];
- conținutul și rezerva de materie organică – după I.V. Tiurin, 1937 [111];
- analiza statistică a rezultatelor – după B.A. Dospehov, 1985 [115];
- evidența recoltei a fost efectuată mecanizat.

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele științifice obținute în urma cercetărilor efectuate în baza Programului de doctorat au fost prezentate și aprobate anual la Ședințele catedrei de Fitotehnie a Facultății de Agronomie din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova; la Simpozionul Științific Internațional „*Protecția Plantelor - Realizări și Perspective*”, care a avut loc în perioada 2-3 octombrie 2023; la raportarea anuală în cadrul Ședințelor Consiliului Științific al ICCC „Selecția”.

Sumarul capitolelor tezei

Capitolul 1. Sistemul conservativ de agricultură ca alternativă sistemului convențional de agricultură

În prima parte a capitolului 1 sunt descrise consecințele procedeele convenționale de agricultură asupra agroecosistemelor. Tot aici au fost prezentate și unele din provocările cruciale cu care se confruntă agricultura la moment și în perspectivă. De asemenea, se accentuează necesitatea de tranziție la un nou sistem de agricultură capabil să răspundă provocărilor agriculturii moderne și să contribuie la dezvoltarea durabilă a societății. Aici sistemul de AC este prezentat ca o alternativă sistemului convențional de agricultură.

Subcapitolul 1.2. scoate în evidență influența sistemului de AC asupra productivității culturilor, menționând concomitent și beneficiile acestuia asupra solului și mediului ambiant. De asemenea în subcapitol sunt prezentate și unele rezultate de pe urma implementării procedeele de AC.

Subcapitolul 1.3. este axat preponderent pe impactul AC asupra fertilității solului, cu definirea noțiunilor de sănătate (calitate) și fertilitate a solului. Tot aici este descrisă și capacitatea solului de a acorda servicii ecosistemice, inclusiv sechestrarea carbonului ca măsură de diminuare a încălzirii globale.

În subcapitolul 1.4. o atenție deosebită se acordă influenței sistemului de AC asupra gradului de îmburuire a culturilor. Totodată, se evidențiază problemele care pot apărea în

momentul tranziției de la sistemul de agricultură convențională la sistemul de agricultură conservativă. De asemenea, se precizează despre necesitatea înțelegerii clare a sistemului și strategiilor de management a buruienilor, pentru a evita influența negativă a acestora. Sunt prezentate câteva exemple de influență a sistemului de agricultură asupra gradului de îmburuienare.

În ultimul subcapitol este descrisă influența sistemului de agricultură conservativă asupra încălzirii globale. Se accentuează rolul solului în acordarea serviciilor ecosistemice, care totodată posedă și capacitatea de reglare a climei prin sechestrarea carbonului. Sunt scoase în evidență cele mai periculoase gaze pentru încălzirea globală. De asemenea, se prezintă unele strategii care contribuie la atenuarea efectului de încălzire globală.

Capitolul 2. Condițiile și metodele de cercetare

În capitolul 2 sunt prezentate și descrise condițiile meteorologice, metodele de cercetare și schema experimentelor de câmp studiate. Cercetările au fost realizate în cadrul experimentelor de câmp de lungă durată a Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”, fondate în 1961 și în experimentul pe agricultura ecologică fondată în 1989. Paralel au fost studiate două experimente cu aplicarea lucrării zero a solului.

Conform programului de cercetare a fost studiat sistemul conservativ de lucrare a solului la orzul și grâul de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe, în diferite asolamente cu grad diferit de saturare cu culturi prășitoare, pe fond fertilizat și nefertilizat. De asemenea, este prezentată schema experimentului cu modelarea diferitor doze de resturi vegetale de porumb recoltat pentru boabe, amplasate pe diferite fonduri de fertilizare, la cultura orzului de toamnă.

Capitolul 3. Producția culturilor cerealiere de toamnă cultivate utilizând diferite metode de lucrare și sisteme de fertilizare a solului în asolament

În capitol sunt prezentate și analizate rezultatele privind producția culturilor cerealiere de toamnă, cultivate în asolament folosind diferite sisteme de lucrare a solului. Corespunzător, au fost prezentate datele privind influența diferitor doze de resturi vegetale la cultivarea orzului de toamnă în asolament, pe diferite fonduri de fertilizare, în lipsa mijloacelor chimice de combatere a bolilor, dăunătorilor și buruienilor.

Se menționează despre reacția culturilor la asolament, fertilizare, premergător și sistemul de lucrare a solului, în diferiți ani, cu condiții climaterice variabile.

Capitolul 4. Influența sistemului conservativ de lucrare a solului asupra proprietăților agrofizice ale solului

Capitolul 4 începe cu descrierea metodologiei de prelevare a probelor de sol în vederea determinării umidității și ulterior calculării rezervei de apă din sol. Monitorizarea regimului de

umiditate a solului la culturile cerealiere de toamnă a fost efectuată în trei perioade: după semănat (toamna); la regenerarea vegetației (primăvara devreme); după recoltare (vara). În subcapitol a fost analizată rezerva de apă accesibilă din sol în stratul 0-100 și 0-200 cm, influențată de diferiți factori precum asolamentul, premurgătorul și lucrarea solului. De asemenea, a fost demonstrată influența pozitivă a lucrării zero a solului asupra acumulării apei în sol, chiar și în cazul premurgătorului cu termen de recoltare târziu (porumbul pentru boabe). Datele prezentate au fost obținute timp de 3 ani, cu condiții climaterice total diferite.

În experiența pe agricultura ecologică a fost analizată rezerva de apă accesibilă din sol și posibilitatea acumulării apei în dependență de asolament și fertilizare. Au fost comparate două asolamente, primul ce include amestec de ierburi leguminoase și graminee perene (lucerna + reigras pentru masă verde) și cel de-al doilea cu ierburi leguminoase și graminee anuale (măzăriche de primăvară + ovăz pentru masă verde).

Tot aici a fost studiată și influența diferitor doze de resturi vegetale de porumb, lăsate la suprafața solului, asupra rezervei de apă din sol, la cultivarea orzului de toamnă, pe diferite fonduri de fertilizare în asolament cu amestec de ierburi leguminoase și graminee perene.

Capitolul 5. Regimul nutritiv și parametrii agrofizici ai solului

Ultimul capitol se axează pe mai multe aspecte esențiale. În primul rând se explorează conceptul de fertilitate a solului, prezentând interpretările diferitor autori asupra acesteia. O atenție deosebită este acordată definiției MOS, evidențiindu-se rolul crucial al acesteia în susținerea fertilității solului.

Un aspect deosebit de relevant în capitol îl reprezintă analiza conținutului de carbon din sol. Se investighează și se prezintă în detalii variațiile de conținut de carbon determinate pe diferite variante din experimentele studiate. Acest aspect este ilustrat și prin reprezentări grafice pentru o înțelegere mai clară a diferențelor de conținut de carbon organic din sol de pe variantele studiate.

Un alt aspect important al capitolului îl reprezintă conținutul de elemente nutritive din sol esențiale plantelor precum azotul (N), fosforul (P) și potasiul (K). Aici, este efectuată o analiză a conținutului acestor elemente în sol pe parcursul diferitor perioade, evidențiind tendințele observate. Datele la fel sunt prezentate grafic pentru a facilita înțelegerea evoluției acestor elemente în sol.

Un alt compartiment distinct al acestui capitol se dedică proprietăților agrofizice ale solului, precum capacitatea de câmp, structura solului, densitatea aparentă și porozitatea. Aceste proprietăți sunt definite clar, iar relația lor cu conținutul de MOS este analizată amănunțit. Prin ilustrarea acestor legături cu exemple concrete din experimentele studiate, capitolul evidențiază importanța MOS în determinarea proprietăților agrofizice ale solului.

1. SISTEMUL CONSERVATIV DE AGRICULTURĂ CA ALTERNATIVĂ SISTEMULUI CONVENȚIONAL DE AGRICULTURĂ

1.1. Consecințele procedeeleor convenționale de agricultură asupra agroecosistemelor

Provocările agriculturii au devenit în ultimul timp o problemă crucială, atât pentru Republica Moldova cât și la nivel global. Acestea s-au agravat în special ca urmare a creșterii prețurilor la inputurile industriale, obținute cu folosirea surselor energetice neregenerabile, a schimbărilor climatice, deficitului de apă, reducerii biodiversității, crizei financiare etc. Prin urmare, au crescut prețurile și accesibilitatea la produsele agricole, alimente și apă, ceea ce duce la anumite presiuni în contextul creșterii populației la nivel global [63].

În consecință, tot mai multe cercuri științifice, instituții internaționale și factori de decizie politică au început să conștientizeze necesitatea tranziției către un sistem de agricultură durabilă, bazat pe managementul rațional al resurselor naturale limitate, inclusiv al solurilor.

Friedrich și colab. (2009); Kassam și colab. (2009), menționează faptul că deși problema cu care se confruntă întreaga omenire este cunoscută, procedeele agrotehnice convenționale și gestionarea irațională a terenurilor continuă, iar aceasta nu contribuie la asigurarea durabilității, securității alimentare și nu poate acorda servicii ecosistemice [63].

Un dezavantaj fundamental al agriculturii convenționale îl constituie lucrarea solului, care lasă suprafața solului lipsită de acoperire, acesta ulterior fiind supus pericolului de eroziune de apă, în special pe terenurile în pantă. Ca urmare, solul se subțiază, iar perioada de timp în care are loc acest proces depinde de intensitatea arăturii și gradul de înclinare a pantei.

Eroziunea eoliană este o problemă nu mai puțin importantă, care se manifestă în zona noastră din ce în ce mai des, în special primăvara devreme, când suprafața solului este neacoperită, iar vânturile intense deplasează particulele de sol (Fig. 1.1., 1.2) [54].



Fig. 1.1. Wind erosion in the Southern Plains of the U.S. during the Dust Bowl era revealed the perils of plow-based farming



Fig. 1.2. Consecințele furtunii de praf pe câmpurile ICC „Selecția”, anul 2019 (Sursa: foto autor)

Până în prezent, intensificarea agriculturii folosind sistemele de producere intensive bazate pe lucrarea solului a avut în general un efect negativ asupra calității multora dintre resursele naturale esențiale, așa ca solul, apa, biodiversitatea și serviciile ecosistemice oferite de natură. Consecințele acestor practici bazate pe intensificarea agriculturii au contribuit nemijlocit și la reducerea productivității culturilor, agricultura devenind neprofitabilă din punct de vedere economic [18].

Problema degradării solurilor în agricultură a fost observată încă din secolul XIX. Încă de pe atunci, oamenii au început să înțeleagă că în urma desțelenirii au loc diverse procese de degradare, care contribuie la reducerea conținutului de humus, reducerea conținutului de nutrienți, pierderea structurii glomerulare (grăunțoase), compactarea etc. Prin urmare, toate acestea au dus la înrăutățirea calității solurilor, cauzând reducerea nivelului de producție.

Dokuceaev V. și Costîcev P. au fost primii savanți care au atras atenția la faptul că între secete și bioproductivitatea cernoziomurilor există o legătură strânsă, iar secetele nu pot fi considerate ca fiind un tip de degradare a solului. Totodată, savanții au ajuns la concluzia că cernoziomul degradat este mult mai afectat de secete decât cernoziomul în stare normală (sănătos).

De aceea, la sfârșitul sec. XIX Dokuceaev V. și Costîcev P., vorbind despre degradarea solurilor de cernoziom nu puneau accentul pe reducerea conținutului de humus și nici ba chiar pe eroziune, ci pe destructurarea solului și distrugerea structurii grăunțoase a acestuia, ceea ce duce la decadența capacității de reținere a apei, prin urmare scade adaptabilitatea la secete [16].

Procesul de degradare a solurilor s-a intensificat începând cu secolul trecut, anii '60, când a fost adoptat conceptul „*revoluției verzi*”. Conceptul dominant de intensificare a agriculturii are drept scop maximizarea nivelului de producție și obținerea profitului, fiind bazat pe inputurile industriale din exterior, cu neglijarea consecințelor asupra mediului ambiant și sănătății oamenilor. Ca urmare a acestei viziuni, solurile de cernoziom au pierdut cantități enorme de materie organică, înregistrând o pierdere a conținutului de humus de 20-70% din rezerva inițială [14].

Krupenikov I. (2008), în cartea sa „*Черноземы. Возникновение, Совершенство, Трагедия, Деградация, Пути Охраны и Возрождения*”, menționează „*dehumificarea*”, ca fiind consecință a dominării descompunerii humusului în raport cu sinteza acestuia și manifestării eroziunii de apă [98].

Gherman R., în urma cercetărilor efectuate privind proprietățile cernoziomurilor studiate din punct de vedere chimic, a ajuns la concluzia că, pierderea conținutului de humus din sol are loc ca urmare a folosirii arăturii cu plug cu cormană [50].

Schimbarea conținutului de humus în solurile de cernoziom, precum și pierderea acestuia din stratul arabil (0-30 cm), timp de 100 de ani, în regiunea Europeană a URSS a fost determinată

în urma cercetărilor coordonate de Cesneac G. Ia. și un grup de cercetători din Ucraina. Ca rezultat, au fost comparate datele obținute de Dokuceaev V.V. (1881) cu cercetările efectuate în 1981, de către grupul de cercetători menționat mai sus [13].

Potrivit autorului, datele obținute arată o pierdere substanțială a conținutului de humus pentru regiunile din Moldova și Voronej în Federația Rusă, acestea constituind – 51-71 t/ha (Tab. 1.1.). Autorul a constatat că, anual pierderile de humus pentru zona noastră au constituit 0,5-0,7 t/ha [13].

Tabelul 1.1. Schimbarea conținutului de humus în solurile de cernoziom, precum și pierderea acestuia din stratul arabil (0-30 cm), timp de 100 de ani, în regiunea Europeană a URSS

Tipurile de cernoziom	Regiunea	Conținutul și rezervele de humus				Pierderile de humus timp de 100 de ani, t/ha	Pierderile de humus în medie pe an, t/ha	Pierderile de humus față de rezerva inițială, %
		Anul 1881		Anul 1981				
		% din masa solului	t/ha	% din masa solului	t/ha			
Tipic	Tambov și Voronej	10-13	300-390	7-10	201-300	90	0,9-0,9	23-30
Tipic	Kursk și Harikov	7-10	221-315	4-7	142-248	67-79	0,7-0,8	21-36
Levigat	Stavropol	7-10	231-330	4-7	150-263	67-81	0,7-0,8	20-34
Obișnuit	Voronej	7-10	221-315	4-7	150-263	52-71	0,5-0,7	17-32
Obișnuit	Moldova	4-7	126-221	2-4	75-150	51-71	0,5-0,7	32-40
Tipic	Cuibîșev	13-16	390-480	8-10	240-300	150-180	1,5-1,8	38-39
Obișnuit	Orenburg	9-11	270-330	6-8	180-240	90	0,9	27-33
Levigat	Ulianovsc	13-16	390-480	4-7	120-210	270	2,7	56-69

Potrivit Mihailova ș.a. (2000), rezultatele cercetărilor efectuate pe cernoziomul tipic din apropiere de Kursk arată că pierderile de carbon organic din stratul de sol 0-10 cm au alcătuit - 38-43%, timp de 50 de ani.

Datele experimentale din experiențele de câmp de lungă durată de la Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”, mărturisesc despre o pierdere mai mare a conținutului de materie organică din sol în cazul arăturii, aceasta fiind de 1,6 ori mai mare decât în cazul lucrării cu grapa cu discuri [13].

Strudley ș.a., (2008); Jabro ș.a., (2015), menționează că lucrarea solului a fost o parte componentă a agriculturii încă din cele mai vechi civilizații, fiind capabilă să asigure

managementul buruienilor, să încorporeze reziduurile de plante, să creeze mediu favorabil pentru germinarea semințelor, creșterea și dezvoltarea plantelor. Totodată, lucrarea solului modifică proprietățile fizice ale solului așa cum ar fi densitatea aparentă a solului, stabilitatea agregatelor structurale și favorizează capacitatea de reținere a apei [45, 75, 89].

Cercetările au demonstrat însă, că, degradarea solului în agricultura convențională este cauzată de perturbarea fizică a acestuia și reducerea stabilității agregatelor structurale. Mai mult decât atât, încorporarea resturilor vegetale sau eliminarea lor din câmp lasă suprafața solului neacoperită și expune solul acțiunilor distructive cauzate de ploaie, vânt și acțiunea directă a razelor solare.

Potrivit Organizației pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO), sistemul conservativ de agricultură este o abordare a gestionării agroecosistemelor capabilă să asigure un nivel de producție înalt și stabil, profituri sporite și securitatea alimentară, păstrând și îmbunătățind în același timp calitatea mediului și resurselor naturale [36].

Percepția precum că resursele de sol sunt infinite a dus la consecințe devastatoare așa ca degradarea severă a terenurilor în mai multe părți ale lumii. Astfel, în fiecare an, în întreaga lume, milioane de tone de sol sunt pierdute prin eroziune [56,87].

Productivitatea înaltă a solurilor virgine a fost întotdeauna asociată cu conținutul înalt de materie organică. Aceasta însă, este în scădere din cauza exploatării solului cu scopul de a obține recolte înalte. Pe lângă aceasta, reducerea conținutului de MOS se datorează și replasării vegetației perene cu culturi anuale, sporind astfel profitul economic, dar contribuind la pierderi colosale de MOS. Acest fenomen influențează direct durabilitatea agriculturii, crescând dependența de sursele energetice neregenerabile și derivatele lor.

Pe lângă aceasta, în Republica Moldova se observă o tendință accentuată de creștere a suprafețelor cu culturi prășitoare (Tabelul 1.2).

Datele prezentate de Boincean B. și Dent D. (2019), confirmă creșterea suprafețelor sub culturi prășitoare în raport cu cele de semănat compact, suprafața acestora constituind în anul 2012 - 972 mii ha, ceea ce reprezintă 67% din suprafața totală cultivată. Cu regret, suprafața culturilor furajere s-a redus drastic, ca urmare a distrugerii ramurii zootehniei, neținând cont de rolul crucial al acestora în asigurarea unui circuit închis al nutrienților și menținerea unui bilanț nedeficitar de materie organică în sol.

Suprafața culturilor furajere începând cu anul 1990 s-a redus cu - 463 mii ha sau cu - 86 %. O situație similară se atestă și pentru ierburile leguminoase perene, suprafața cărora a scăzut cu 97%. Acestea au fost treptat înlocuite cu folosirea excesivă a îngrășămintelor minerale și pesticidelor pentru a „compensa” dezechilibrul provocat în cadrul agroecosistemelor, în momentul

în care au crescut substanțial suprafețele cultivate cu floarea-soarelui și porumb pentru boabe. Comparativ cu anul 1990 acestea atestă o creștere de – 88%, în cazul florii-soarelui și respectiv - 61%, în cazul porumbului pentru boabe [13].

Tabelul 1.2. Modificări în structura suprafețelor cultivate în Republica Moldova, în perioada anilor 1990-2012

Indici	1990		2012		2012 față de 1990	
	10 mii ha	%	10 mii ha	%	10 mii ha	%
Total teren arabil	1675	100	1460	100	-215	13
Culturi compacte	688	41	489	34	-199	29
Cereale	407	24	454	31	+47	12
Leguminoase perene	192	12	5	0,3	-187	97
Culturi prășitoare	987	60	972	67	-15	2
Porumb pentru boabe	258	15	416	29	+158	61
Floarea-soarelui	134	8	252	17	+118	88
Culturi furajere	538	32	75	5	-463	86

Excluderea ierburilor leguminoase perene și a culturilor furajere din structura suprafețelor de însămânțare, au contribuit la rândul lor la imposibilitatea respectării asolamentelor, ceea ce sporește necesitatea folosirii excesive a inputurilor din exterior, în formă de îngrășăminte minerale pentru obținerea producției scontate.

Problemele însă s-au agravat în timp. Agricultura modernă este supusă unor provocări majore - pe de o parte, din cauza schimbărilor climatice, cu manifestarea tot mai frecventă a secetelor, iar pe de altă parte, degradarea solurilor impune majorarea cantității de inputuri, prețul cărora este în continuă creștere și care contribuie la poluarea mediului ambiant.

Drept sursă a apariției acestor provocări, a servit viziunea simplistă, orientată spre maximizarea nivelului de producție a anumitor culturi, pentru o perioadă scurtă de timp. Măsurile adoptate de-a lungul timpului de asemenea au fost orientate spre „lupta” cu consecințele, fără a analiza sistemul în întregime. Utilizarea pesticidelor în „lupta” cu „bolile, dăunătorii și buruienile”; irigarea, îngrășămintele minerale, reprezintă urmări ale managementului defectuos al agroecosistemului în întregime. Cu alte cuvinte, cercetarea a fost mereu orientată spre specificul îngust al anumitor dificultăți apărute, cu scopul de a „soluționa” rapid situația creată, analizând doar separat componentele, dar nu sistemul în întregime.

Viziunea simplistă, care predomină în agricultură și care este orientată doar spre randamente mari, a constituit factorul principal care a dus la degradarea solurilor pe scară largă și a ecosistemului în general [82].

Agricultura care implică lucrarea convențională a solului nu este capabilă să acorde servicii ecosistemice cum ar fi: purificarea apei, sechestrarea carbonului, reglarea ciclului apei și

nutrienților, reglarea climei, controlul eroziunii ș.a. Lucrarea solului contribuie la distrugerea structurii solului, a porozității, vieții și biodiversității lui, intensificând procesele de respirație și descompunere a materiei organice din sol, cauzând eroziunea și reducând adaptabilitatea la secete.

Shaxson ș.a. (2008), afirmă că lucrarea solului reduce constant conținutul de materie organică din sol, ceea ce are o corelație directă cu calitatea solului și capacitatea de producție a solului, contribuind totodată la emanarea gazelor cu efect de seră [99].

Agricultura conservativă implică o abordare sistemică cu privire la conservarea solului și a apei, pe baza căreia poate fi dezvoltată o strategie de intensificare durabilă. Lucrarea convențională a solului este înlocuită cu sisteme conservative, ceea ce contribuie la creșterea nivelului de producție, eficiența factorului de producție (productivitate), reziliența și fluxul de servicii ecosistemice, inclusiv conservarea solului și a apei [14].

Rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate de Jabro J. D., Stevens W. B., Evans R. G., Iversen W. M. (2009), au demonstrat că No-tillage este capabil să îmbunătățească proprietățile fizice și bacteriene ale solului, porozitatea, diversitatea bacteriană, reducând concomitent densitatea aparentă a solului, într-o perioadă de timp de minim 5 ani. Astfel, No-Till este recomandat pentru a preveni efectul negativ al practicilor convenționale bazate pe lucrarea solului prin îmbunătățirea conservării apei din sol, ceea ce ar duce la creșterea nivelului de producție al culturilor [55].

Experiențele din întreaga lume au arătat că recolte similare sau mai mari pot fi obținute la folosirea No-till în comparație cu sistemele convenționale de lucrare a solului.

Totuși, există momente când randamentele culturilor obținute pe terenurile fără lucrarea solului sunt mai mici decât cele din agricultura convențională. Ca motiv servesc:

- lipsa de cunoștințe necesare la folosirea No-till;
- semănatul direct este efectuat pe solul gol sau este acoperit cu o cantitate insuficientă de resturi vegetale;
- lipsa de experiență a operatorului mașinii la însămânțare;
- folosirea utilajelor inadecvate pentru semănatul culturilor în lipsa lucrării solului;
- controlul slab al buruienilor;
- control slab al bolilor și dăunătorilor;
- practica neajustată de fertilizare cu azot la folosirea No-till în primii ani de aplicare sau lipsa culturilor leguminoase în asolament;
- folosirea No-till pe un sol extrem de degradat și/sau erodat cu un conținut foarte scăzut de materie organică, în care activitatea și fertilitatea micro și macrobiologică limitează succesul

inițial;

- cercetările comparative care studiază sistemele convenționale și cele fără lucrare pot avea rotații optimizate pentru lucrarea convențională a solului, în timp ce asolamentele date pot fi suboptime pentru aplicarea tehnologiei No-till.

În general nu există motive pentru care randamentele în sistemul conservativ de agricultură ar trebui să fie mai mici decât în cele convenționale dacă întregul management este aplicat corect [9].

Montgomery D. afirmă că, „*dacă dorim să conservăm resursele naturale pentru generațiile viitoare este nevoie de alternative în schimbul practicilor agricole convenționale*”.

Dumanski, J., R. Peiretti, J. Benetis, D. McGarry, and C. Pieri. (2006), afirmă că agricultura conservativă (AC), nu reprezintă o „*afacere*” bazată pe exploatarea solului și resurselor naturale în scopul de a spori randamentele culturilor. Scopul AC este de a menține echilibrul dintre beneficiile agricole, economice și de mediu, asigurând optimizarea randamentelor și a profiturilor [33,44].

Potrivit FAO, agricultura conservativă se bazează pe trei principii fundamentale: (1) perturbarea mecanică minimă a solului – prin evitarea lucrărilor convenționale, cum ar fi aratul; (2) acoperirea permanentă a solului – menținerea unui strat protector format din resturi vegetale sau culturi de acoperire; și (3) diversificarea speciilor de plante cultivate în rotație sau asociație – prin aplicarea unor asolamente variate, care contribuie la echilibrul agroecosistemului și reduc presiunea asupra solului [36].

Potrivit Reicosky și Saxon (2007), Hobbs ș.a. (2008); Friedrich ș.a. (2011), agricultura conservativă reprezintă un set de tehnologii, alcătuite din disturbanta minimă a solului, acoperirea permanentă a solului, respectarea asolamentului cu o diversitate mai mare de culturi și managementul integrat al buruienilor (Fig. 1.3.) [47].

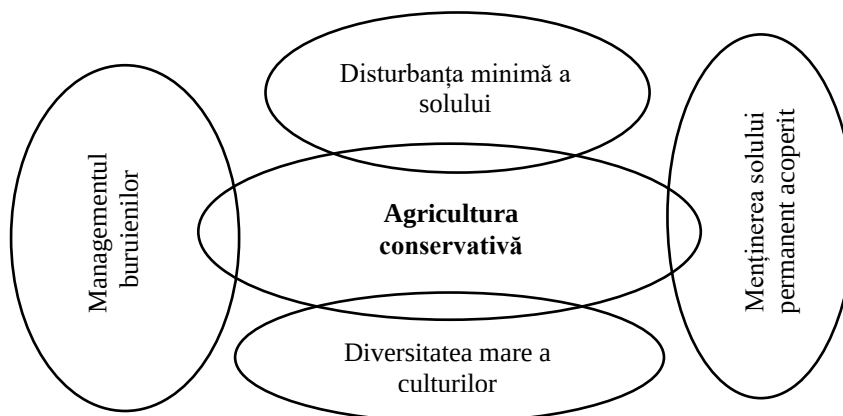


Fig. 1.3. Principiile sistemului conservativ de agricultură

Disturbanța minimă a solului. Activitatea biologică a solului contribuie la formarea agregatelor structurale stabile, de diferite dimensiuni, care permit infiltrarea cu ușurință a apei și aerului. Acest proces poate fi numit „*lucrarea biologică a solului*” și nu este compatibil cu lucrarea mecanică. În lipsa lucrării mecanice a solului are loc echilibrarea proceselor ce au loc în jurul rădăcinii plantelor, așa ca respirația, oxidarea materiei organice, mișcarea apei și redistribuirea semințelor de buruieni [66].

Menținerea solului permanent acoperit. Importanța acestui principiu se manifestă prin protejarea solului de influența directă a razelor solare și a picăturilor de ploaie; servește ca sursă de hrană pentru micro – și macroorganisme; creează un climat favorabil pentru creșterea și dezvoltarea organismelor din sol și a rădăcinilor. Prin urmare, are loc îmbunătățirea stării agregatelor structurale, sporirea biodiversității solului și sechestrarea carbonului [51].

Diversitatea mare a culturilor, contribuie la explorarea diferitor straturi de sol în căutare de apă și nutrienți, favorizează acumularea azotului biologic prin intermediul culturilor leguminoase, asigură o dietă diferențiată pentru microorganismele din sol și reduce populațiile speciilor dăunătoare prin întreruperea ciclului de viață al acestora [62].

Managementul buruienilor în sistemul conservativ de agricultură presupune mai întâi de toate prevenirea apariției lor, prin respectarea asolamentului cu o diversitate mai mare de culturi, inclusiv culturi succesive și menținerea suprafeței solului permanent acoperită. Ultima, împiedică amplasarea semințelor de buruieni în sol, spre deosebire de sistemul convențional de agricultură, unde acestea se amestecă cu solul în momentul efectuării lucrărilor mecanice [43].

Implementarea corectă a SCA, presupune respectarea tuturor principiilor de bază în vederea obținerii rezultatului scontat. Astfel, am putea răspunde la majoritatea provocărilor cu care se confruntă agricultura la moment, prin excluderea efectelor negative cauzate de agricultura convențională.

Îmbinarea tuturor principiilor SCA ar presupune o abordare holistică a problemelor cu care se confruntă agricultura. Prin urmare, aceasta va deveni durabilă, economic profitabilă și prietenoasă mediului [47].

1.1. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra productivității culturilor în asolament

Agricultura conservativă reprezintă o nouă paradigmă de intensificare a agriculturii, fiind diferită de cea a agriculturii convenționale, care duce la o serie de consecințe negative, precum, degradarea solului și a resurselor naturale în general. Pentru asigurarea unei dezvoltări durabile a agriculturii este nevoie de o viziune sistemică, bazată pe integrarea tuturor aspectelor ce țin de

asigurarea durabilității, așa ca productivitatea culturilor, conservarea resurselor naturale, calitatea solului și a mediului înconjurător [11]. Adoptarea sistemului de agricultură conservativă are drept scop reducerea cheltuielilor pentru inputuri, gestionarea eroziunii solului, creșterea fertilității acestuia și menținerea sau sporirea randamentului culturilor de câmp [22].

Potrivit prof. Kassam A. (2009), agricultura conservativă poate spori nivelul de producție al culturilor doar la integrarea tuturor componentelor sistemului. Aceasta se datorează îmbunătățirii proprietăților agrofizice a solului, ceea ce creează un mediu mai favorabil pentru rădăcini; favorizează mișcarea apei și a gazelor de respirație ale rădăcinilor; stimulează capacitatea de schimb cationic, care asigură asimilarea elementelor chimice și sporește biodiversitatea din sol [31].

Majoritatea cercetătorilor acceptă influența benefică a SCA, atât în reducerea impactului negativ a eroziunii solului, cât și a secetelor. Atât cercetătorii cât și fermierii au observat o majorare a randamentelor culturilor ca urmare a creșterii rezilienței la secete, a sporirii ratei de infiltrare a apei în sol și a fertilității acestuia. Totodată, aceștia menționează și o serie de dezavantaje, printre care:

- a) acumularea unui strat organic suficient în sol are loc timp de câțiva ani, de aceea este nevoie de timp pentru a beneficia de avantajele SCA;
- b) echipamentele scumpe, care fac mai puțin accesibilă procurarea lor de către fermierii mici;
- c) Având în vedere nivelul ridicat de incertitudine asociat noilor practici, o parte dintre fermieri ezită să adopte agricultura conservativă, exprimând temeri că implementarea unui program formal ar putea genera bariere suplimentare, afectând astfel ritmul de difuzare a tehnologiei la nivelul comunităților rurale [64].

Producția grâului este influențată semnificativ de sistemul conservativ de agricultură. Khorami și colab. (2018), au raportat că, agricultura conservativă a prezentat rezultate bune, referitor la producția grâului și porumbului [12]. Gathala ș.a. (2011), au constatat o creștere a randamentului culturilor cu 4-10%, datorită folosirii lucrării zero la cultivarea grâului, sporind concomitent eficiența folosirii nutrienților [6].

Un alt studiu efectuat de Ghosh ș.a. (2015), arată că, producția grâului a fost cu 55,9% mai înaltă la cultivarea acestuia în sistemul conservativ, comparativ cu agricultura convențională. În primul caz aceasta a constituit – 1700 kg/ha, iar în al doilea, doar – 950 kg/ha [84].

Hunag și colab. (2008), în urma unei experiențe fondate în 2001, în Vestul Podișului Loess din China (regiune semi-aridă), care a avut scopul de a compara sistemul conservativ de agricultură cu agricultura convențională, au ajuns la concluzia că, cultivarea grâului folosind tehnologia

No-till a contribuit la creșterea nivelului de producție la grâu datorită fluxului mai favorabil de apă și nutrienți în cazul miriștii [41].

Un studiu realizat de Baumhardt și colab. (2013), privind managementul resturilor vegetale, a demonstrat influența pozitivă a mulciului în majorarea nivelului de producție, atât pe câmpurile pluviale, cât și pe cele irigate [6,39,56].

În mod similar, Bashour și colab. (2016), au înregistrat o creștere cu 27% a randamentului culturii de grâu pentru agricultura conservativă, comparativ cu agricultura convențională [9].

Mai multe analize arată că producția culturilor crește la implementarea sistemului conservativ de agricultură, la baza căruia stă disturbanța minimă a solului (No-till). Cercetătorii afirmă că acest lucru este observat în special în regiunile secetoase, unde factorul limitativ îl reprezintă apa [46].

Cameron M., Pittelk ș.a. (2015), au efectuat un studiu în care compară randamentele obținute la cultivarea culturilor în sistem conservativ cu sistemul bazat pe lucrarea convențională a solului, în lipsa altor factori componenți ai sistemului de agricultură. Au fost analizate rezultatele a 678 de studii, efectuate în 63 de țări la 50 de culturi [21].

În urma analizei au fost identificați factorii care ar fi influențat nivelul de producție al culturilor. Printre aceștia au fost menționați, categoria de cultură, indicii de ariditate, managementul reziduurilor, durata de cultivare și doza de îngrășămintă cu azot aplicată.

Astfel, pentru categoriile de culturi oleaginoase, bumbac și leguminoase, producția obținută în sistemul conservativ de agricultură a fost aproximativ egală cu cea din agricultura convențională. Un impact mai redus a fost observat la cultivarea grâului, orezului și a porumbului. Rezultate negative au fost obținute pentru grâu (-2,6%), orez (7,5%) și porumb (7,6%) (Tabelul 1.3). Totodată, autorii raportează despre o reducere a nivelului de producție pentru toate culturile, cu excepția oleaginoaselor și a bumbacului în primii 1-2 ani de studiu. Ulterior, randamentul culturilor s-a egalat în decurs de 3-10 ani, cu excepția grâului și a porumbului cultivat în zone umede.

Cerbari V., Leah T. (2021), menționează că sistemul conservativ de agricultură nu este aplicabil pe solurile de cernoziom compactate și dehumificate. Prin urmare, pentru a efectua tranziția spre acest sistem de agricultură este nevoie de ameliorarea proprietăților agrofizice și agrochimice ale solului. Autorul recomandă folosirea măzărachii de toamnă și primăvară în calitate de culturi succesive, cu încorporarea ulterioară a acestora în sol. În urma experimentului realizat timp de 5 ani s-a demonstrat că această măsură a contribuit la îmbunătățirea proprietăților fizice, chimice și biologice ale solului în special în stratul de sol superficial (0-20 cm), aici fiind înregistrat un conținut mai înalt de materie organică labilă (agricultura regenerativă) [27].

Autorii sugerează despre necesitățile de adaptare a sistemului conservativ de agricultură la condițiile locale, specifice pentru fiecare regiune în parte, în vederea obținerii rezultatelor scontate. În acest sens, înainte de adoptarea SCA este nevoie de efectuat o evaluare detaliată a terenurilor și condițiilor caracteristice zonei respective, precum și alegerea culturilor potrivite pentru cultivarea acestora în zona respectivă [22].

Tabelul 1.3. Valorile pentru randamentul No-till, producția obținută folosind lucrarea convențională a solului, durata, rata de azot anorganic și indicele de ariditate sunt prezentate ca medie ponderată $\pm$ abaterea standard ponderată [22]

Categoria	Observațiile	Studii	Culturile	Țări	Regiuni temperate	Regiuni subtropicale	Regiuni tropicale	Producția NT, kg/ha ⁻¹	Producția AC, kg/ha ⁻¹	Durata NT, ani	Rata de azot anorganic, kg N/ha ⁻¹	Indicele de aridizare
Per total	6005	678	50	63	4842	559	520	5323 $\pm$ 8462	5672 $\pm$ 9071	4,4 $\pm$ 5,2	100 $\pm$ 92	0,74 $\pm$ 0,33
Porumb	1624	224	1	38	1337	65	203	7596 $\pm$ 5791	8074 $\pm$ 6125	5,4 $\pm$ 6,3	150 $\pm$ 113	0,83 $\pm$ 0,28
Grâu	1736	260	1	39	1384	268	66	3550 $\pm$ 1854	3655 $\pm$ 1865	4,2 $\pm$ 4,8	102 $\pm$ 68	0,59 $\pm$ 0,30
Diverse cereale	846	120	7	28	735	37	56	3471 $\pm$ 1973	3586 $\pm$ 1974	4,2 $\pm$ 3,8	79 $\pm$ 52	0,71 $\pm$ 0,33
Leguminoase	1063	166	12	28	867	101	69	2355 $\pm$ 1397	2345 $\pm$ 1488	5,7 $\pm$ 5,7	17 $\pm$ 35	0,79 $\pm$ 0,28
Semințe oleaginoase și bumbac	447	74	8	18	427	18	1	2342 $\pm$ 4625	2325 $\pm$ 4370	4,9 $\pm$ 4,9	85 $\pm$ 70	0,70 $\pm$ 0,31
Orez	154	31	1	9	32	65	57	5286 $\pm$ 2670	5529 $\pm$ 2597	2,3 $\pm$ 1,8	119 $\pm$ 54	0,94 $\pm$ 0,37
Diverse	50	17	10	9	44	0	6	29100 $\pm$ 35026	33614 $\pm$ 37611	2,0 $\pm$ 1,6	147 $\pm$ 98	0,80 $\pm$ 0,39
Culturi rădăcinoase	69	19	7	5	6	0	63	15676 $\pm$ 17694	18255 $\pm$ 17608	1,7 $\pm$ 1,1	47 $\pm$ 65	1,05 $\pm$ 0,39

1.2. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra fertilității solului (proprietățile agrofizice, agrochimice și biologice)

„Sănătatea solului” după John Doran este definită ca „capacitatea solului de a funcționa ca un sistem viu, în limitele ecosistemului și a utilizării terenului, pentru a susține productivitatea plantelor și animalelor, pentru a menține sau îmbunătăți calitatea apei și a aerului și pentru a promova sănătatea plantelor, animalelor și a oamenilor” [29,30,31,50,81].

Shaxson ș.a. (2008); Pepper (2013); Oliver și Gregory (2015), caracterizează fertilitatea solului ca fiind o metaforă care cuprinde o paralelă dintre calitatea solului și sănătatea oamenilor. Autorii, de asemenea, afirmă că solurile sunt gestionate incorect, de aceea vor avea o durată de viață mai scurtă. Drept consecință, aceasta se va reflecta negativ asupra sănătății oamenilor și a lanțului trofic în întregime [77,78,86].

Carbonul organic din sol (COS), este esențial pentru producția de culturi și pentru asigurarea calității solului. Acesta este esențial pentru compoziția chimică și productivitatea biologică, precum și pentru fertilitatea și capacitatea de reținere a nutrienților în sol [70,97].

COS favorizează agregarea solului și conferă stabilitate micro și macroagregatelor, crescând stabilitatea fizică a solului. La rândul său, agregarea solului poate crește sechestrarea carbonului organic din sol (COS) prin prevenirea mineralizării carbonului și prin reducerea eroziunii solului [81,93].

Tehnologiile bazate pe lucrarea convențională a solului, care includ excluderea sau încorporarea reziduurilor de cultură, au o influență negativă asupra procesului de formare a agregatelor structurale, reduc stabilitatea agregatelor și micșorează capacitatea de acumulare a carbonului în sol.

Caracteristicile agrofizice ale solului sunt strâns corelate cu rezerva de apă acumulată și consumul acesteia, elemente care, împreună, definesc bilanțul hidric al solului. Pentru agricultura fără irigare, sursa principală de acumulare a apei în sol este reprezentată de precipitațiile atmosferice. Pentru majoritatea zonelor din Republica Moldova cantitatea de precipitații constituie până la 500 mm, însă din acestea doar o parte se acumulează în sol, restul fiind supuse evaporării sau scurgerii, în special pe pante. Pentru determinarea cantității de apă care s-a infiltrat în sol în urma căderii precipitațiilor, de obicei se folosește coeficientul de asimilare, care variază între 0,5-0,7, în dependență de cultură și perioada anului.

Una dintre principalele probleme la acest capitol, constă în repartizarea neuniformă a precipitațiilor atmosferice în decursul anului agricol. Aceasta impune necesitatea de a facilita acumularea apei în sol, cât și de a folosi rațional apa provenită din precipitațiile atmosferice [114].

Boincean B. și Dent D., prezintă în cartea „*Farming the Black Earth. Sustainable and Climate-Smart Management of Chernozem Soils*”, rezultatele analizelor de laborator privind conținutul de materie organică din sol efectuate în anul 2015. Rezultatele obținute permit compararea pierderilor de COS ca rezultat al creșterii diferitor categorii de culturi în asolament în raport cu pârla (fondată în 1984) și ogorul negru (fondat în 1961).

Datele experimentale reflectă pierderile considerabile de COS în cazul ogorului negru comparativ cu pârla, acestea constituind – 35 %. Ba chiar și în cazul asolamentelor cu diferit grad de saturare cu culturi prășitoare, la aplicarea diferitor cantități de gunoi de grajd, pierderile sunt mai mici. Acestea reprezintă – 18 % pentru asolamentul cu 40 % culturi prășitoare + 30 % lucernă și 4 t/ha de asolament gunoi de grajd, și, respectiv, 11 % în cazul asolamentului ce include 60 % culturi prășitoare + 12 t/ha de asolament gunoi de grajd.

Din datele analizate rezultă că pierderile de materie organică din sol au loc mai intensiv, în cazul ogorului negru. Prin urmare, factorii care ar putea cauza aceste pierderi sunt reprezentați de lucrarea solului și lipsa covorului vegetal [16].

Cultivarea culturilor în SCA, și, în special, utilizarea tehnologiei No-till, contribuie la disturbanța minimă a solului, ceea ce permite de a menține suprafața solului acoperită în permanență cu cel puțin 30 % de resturi vegetale, care au menirea de a proteja suprafața solului de acțiunea directă a factorilor externi [81,98].

Reziduurile de cultură, rămase la suprafața solului, contribuie la conservarea și stabilizarea carbonului în sol, și, prin urmare, crește rezistența solului la eroziune și previne pierderea de materie organică din sol.

Studierea efectului lucrării solului asupra agregatelor structurale pe un termen de lungă durată, au scos în evidență prioritatea No-till, față de lucrarea convențională, deoarece aceasta contribuie la formarea agregatelor structurale [42,94].

În mod similar, s-a demonstrat că trecerea de la practicile convenționale (cu plug cu cormană) la practica de lucrare a solului după modelul NT, crește stabilitatea agregatelor și procentul de macroagregate din sol (Zotarelli et al., 2005). Pe lângă aceasta, potrivit afirmațiilor din literatură, în cazul utilizării NT au fost observate concentrații mai mari de C și N, datorită structurii îmbunătățite și protecției COS de oxidare [81, 109].

Conform datelor relatate de prof. Rattan Lal, care se consideră tatăl SCA în lume, sistemul NT contribuie la acumularea unei cantități mai mari de carbon în stratul de 0-20 și 0-30 cm, dar reducerea lui în straturile ulterioare, de aceea se recomandă determinarea rezervei de MOS pe întreg profilul solului de 1 metru [102].

Rezultatele experimentale și experiența fermierilor indică faptul că la utilizarea NT crește eficacitatea folosirii apei și nutrienților din sol până la 20% – 30%. De Vita ș.a. (2007), au afirmat că rezerva de apă din sol este mai mare în cazul folosirii NT, decât în cazul lucrării convenționale a solului, de asemenea indicând, o evaporare redusă a apei în perioada precedentă. Ei au constatat, de asemenea, că în timpul perioadei de vegetație, rezerva de apă din sol sub NT a fost cu aproximativ 20 % mai mare decât în cazul lucrării convenționale [11].

1.3. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra gradului de îmburuienare a semănăturilor la diferite culturi

Lucrarea solului este cunoscută ca fiind o metodă eficientă în managementul buruienilor. Prin intermediul arăturii are loc deșădăcinarea buruienilor și replasarea lor în straturile mai adânci ale solului. Totodată, aceasta contribuie la mișcarea semințelor de buruieni atât pe verticală, cât și pe orizontală, inhibând germinarea acestora și prevenind apariția lor. Spre deosebire de lucrarea convențională, la folosirea tehnologiei No-till, semințele de buruieni rămân la suprafața solului, ceea ce creează condiții mai favorabile pentru germinarea acestora [101].

În cadrul cercetărilor efectuate de către Singh ș.a. (2008), Mishra și colab. (2012a), a fost observat un grad mai înalt de infestare cu buruieni la folosirea NT comparativ cu lucrarea convențională, la cultivarea orezului și a grâului. Diferențe semnificative au fost observate în special în anul 3 de studiu, când masa uscată a buruienilor în sistemul conservativ a fost considerabil mai mare (Tabelul 1.4.) [81,101].

Tabelul 1.4. Efectul lucrării solului asupra masei uscate a buruienilor (g/m^2), la cultivarea orezului și grâului, în momentul recoltării, după Mishra și colab. (2012a)

Tipul de lucrare a solului	Orez	Grâu
No-till	154a*	130a
No-till	177a	114a
Lucrarea solului	102b	131a
Lucrarea solului	99b	96b

** Datele dintr-o coloană cu aceeași literă nu diferă semnificativ ($P = 0,05$).*

Tranziția de la sistemul convențional de agricultură la cel conservativ, poate duce la schimbarea speciilor de buruieni, datorită noilor condiții create. Ulterior, este nevoie de adaptarea măsurilor preventive de management al buruienilor (respectarea asolamentului cu o diversitate mai mare de culturi, folosirea mulciului, cultivarea culturilor succesive etc.), care să fie eficiente în cazul cultivării culturilor în sistemul conservativ de agricultură. În cazul folosirii erbicidelor post-emergente, daunele provocate de buruieni sunt minime, de aceea randamentul culturilor poate fi egalat cu cel obținut în sistemul convențional, cu lucrarea solului [101].

Singh V.P. (2008), afirmă că, gradul de infestare cu buruieni este strict influențat de modificarea componentelor sistemului. De aceea, odată cu adoptarea sistemului conservativ de agricultură este nevoie de o înțelegere clară a sistemului și de elaborarea strategiilor de management a buruienilor, pentru a evita influența negativă a acestora.

Sin G. și Partal E. (2021), prezintă rezultatele unei cercetări de lungă durată în care accentuează importanța crucială a diversității culturilor în asigurarea unui management efektiv al buruienilor. Autorii afirmă că odată cu creșterea numărului de culturi în asolament scade diversitatea speciilor de buruieni, acest lucru fiind explicat prin faptul că fiecare cultură de câmp își are propriile practici de cultivare capabile să perturbeze ciclul de viață al buruienilor [101].

Potrivit cercetătorilor, în urma tranziției la sistemul conservativ de agricultură se observă un grad mai înalt de infestare cu buruieni perene decât cu cele anuale. Aceasta se datorează faptului că, rădăcinile buruienilor perene nu sunt deranjate în absența lucrării solului, iar erbicidele nu sunt întotdeauna suficient de eficiente. Buruienile monocotiledonate perene s-au dovedit a fi mai periculoase decât cele dicotiledonate, dar în măsură și mai mare față de cele anuale. Acest fapt este cauzat de capacitatea de reproducere mai înaltă a buruienilor perene în raport cu cele anuale, la care reproducerea are loc doar din semințe.

Buruienile perene au fost considerate ca obstacole majore în adoptarea sistemului conservativ de agricultură, deoarece acestea nu sunt deranjate de lucrarea solului, având astfel un mediu mai favorabil pentru creștere și dezvoltare. Prin urmare, pierderile de recolte în SCA pot varia în funcție de speciile de buruieni, dinamica și intensitatea acestora [25,38,40,70,87].

Banca de semințe din sol, reprezintă rezerva de semințe de buruieni viabile în sol și constă atât din semințele căzute recent, cât și din rezerva de semințe cu capacitate de germinare rămase din anii precedenți. Banca de semințe se formează prin producția de semințe și dispersare, în timp ce se epuizează prin germinare și descompunere.

Prin intermediul lucrării solului germinația acestora poate fi disturbată. Succesul sistemului AC, depinde în mare măsură de o bună înțelegere a dinamicii sistemului băncii de semințe de buruieni în sol. Semințele de buruieni proaspete, la folosirea No-till, sunt mobilizate cu ajutorul ploii și respectiv, sunt plasate în stratul superficial al solului 0-2 cm (Fig. 1.4.) [28].

În sistemele convenționale și cele care includ lucrarea minimă a solului, semințele de buruieni sunt distribuite pe întregul strat arabil al solului cu cea mai mare concentrație de semințe de buruieni în stratul de sol de 2–5 cm. Aratul cu plug cu cormană, îngroapă majoritatea semințelor de buruieni în straturi mai adânci, în timp ce lucrarea cu daltă, lasă semințele de buruieni mai aproape de suprafața solului. În mod similar, în funcție de tipul de sol, 60–90% din semințele de buruieni sunt situate în stratul de sol 0-5 cm, în sisteme cu lucrare redusă sau fără lucrare.

Astfel, din cauza plasării lor în straturile superficiale există un risc major ca acestea să germineze, având acces la umiditate și temperatură, comparativ cu cele din straturile mai adânci [100,105].

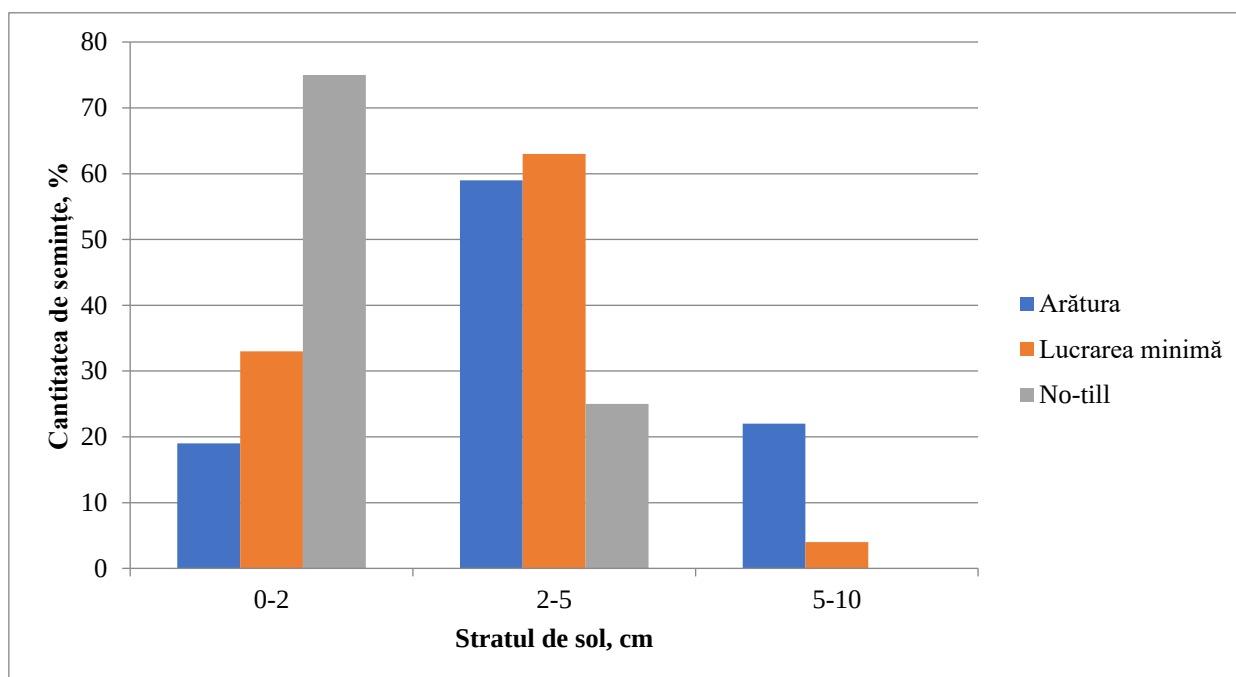


Fig. 1.4. Influența diferitor tipuri de lucrare a solului asupra distribuirii semințelor în sol pe straturi, după Chauhan and Johnson (2009)

Potrivit unor cercetători, lucrarea solului contribuie doar la schimbarea perioadei de răsărire a buruienilor, în timp ce alții afirmă că nu au observat schimbări esențiale. Pregătirea patului germinativ poate afecta germinația, dinamica și densitatea buruienilor. Prin urmare, prin efectuarea lucrării solului, poate fi asigurat doar controlul băncii inițiale de buruieni.

Pregătirea patului germinativ poate avea atât efecte pozitive cât și negative. Prin efectuarea lucrărilor pot fi distruse plantele deja răsărite sau cele care abia au germinat. Partea negativă constă în faptul că, prin intermediul agregatelor folosite, pot fi mobilizate semințele de la alte adâncimi, și create condiții favorabile pentru germinarea acestora.

În practica fără lucrarea solului, buruienile pot fi lăsate să răsără, epuizând astfel rezerva de semințe de la suprafața solului. Ulterior, acestea pot fi distruse cu ajutorul erbicidelor. Semănatul în cazul dat, ar trebui amânat până la trecerea fluxului principal de răsărire a buruienilor. Avantajul principal al acestei practici este că, planta de cultură răsare într-un mediu lipsit total de buruieni, ceea ce îi favorizează creșterea și dezvoltarea. Totodată, aceasta sporește capacitatea de a concura cu buruienile, care vor răsări mai târziu. Potrivit, Van der Weide ș.a. (2002), această practică poate reduce gradul de infestare cu buruieni, cu până la 80% [19,29,106].

Folosirea resturilor vegetale, reprezintă unul din pilonii de bază a sistemului conservativ de agricultură, fiind totodată, o practică eficientă în managementul buruienilor. Resturile vegetale prezente pe suprafața solului limitează accesul la factorii de vegetație, strict necesari pentru germinarea semințelor de buruieni, împiedicând într-o măsură oarecare și pătrunderea semințelor de buruieni în sol. Resturile vegetale de la suprafața solului pot varia foarte mult ca dimensiune, structură, model de distribuție și eterogenitate spațială.

Un aspect nu mai puțin important, îl constituie efectul alelopativ, produs de către resturile vegetale. Prin intermediul acestuia poate fi influențată germinarea semințelor. Acoperirea solului cu resturi vegetale este o tehnică utilă pentru managementul buruienilor. Răsărirea buruienilor scade în general odată cu creșterea cantității de resturi vegetale. Cu toate acestea, apariția anumitor specii de buruieni este favorizată și de unele reziduuri de cultură în cantități mici. Cantitatea abundentă de resturi vegetale este capabilă să reducă procentul de răsărire al buruienilor sau cel puțin să provoace răsărirea întârziată a acestora. Astfel, cultura obține un avantaj competitiv față de buruieni din cauza răsăririi întârziate a buruienilor, ceea ce are ca rezultat un impact relativ mai mic asupra pierderii randamentului culturii. În plus, plantele de buruieni care apar târziu produc un număr mai mic de semințe decât cele care apar timpuriu [21,23].

Mohler și Teasdale (1993), afirmă că reziduurile de mazărice și secară au avut un impact semnificativ asupra densității buruienilor, înregistrând o reducere de 75%, comparativ cu variantele fără reziduuri. Autorii menționează însă că, reziduurile de culturi nu întotdeauna pot controla pe deplin buruienile, de aceea în unele cazuri, apare necesitatea de folosire a erbicidelor pe parcursul perioadei de vegetație. Eficacitatea reziduurilor de cultură pentru a reduce răsărirea buruienilor depinde, de asemenea, de natura speciilor de buruieni care trebuie controlate. Menținerea unui nivel optim de umiditate și a unor temperaturi scăzute ale solului poate favoriza germinarea unor specii de buruieni. [83].

Rotația culturilor presupune alternarea diferitelor culturi într-o succesiune sistematică pe același teren și limitează acumularea de buruieni, previne adaptarea acestora, deoarece speciile de buruieni tind să prospere într-o cultură cu cerințe de creștere similare. O diversitate mai înaltă de culturi necesită tehnologii de cultivare diferite, care ajută la perturbarea ciclului de creștere a buruienilor și împiedică dominarea oricărei specii de buruieni. De exemplu, iarba Johnson devine în general o buruiană predominantă la cultivarea porumbului în cultura permanentă, dar poate fi controlată prin rotația cu bumbacul. În sistemele de monocultură, mai multe specii de buruieni persistă și se extind rapid.

Asolamentul, oferă condiții diferite cauzate de tehnologiile de lucrare a solului, interferențe alelopatice provocate de diferite culturi, ceea ce creează un mediu nefavorabil pentru creșterea și dezvoltarea buruienilor. Drept dovadă a eficacității acestei practici servesc experiențele efectuate de Singh ș.a. (2008), în care alternarea culturilor cu includerea îngrășămintelor verzi, chiar și pe o perioadă scurtă de timp a dus la reducerea considerabilă a gradului de îmburuienare (Tabelul 1.5.) [100].

Tabelul 1.5. Densitatea diferitelor specii de buruieni (nr. m⁻²) și producția de materie uscată de buruieni (g m⁻²) la orez în diferite verigi ale asolamentului și producția de cereale

Veriga asolamentului	Ierburi	Rogoz	Buruieni cu frunza lată	Masa buruienilor după uscare	Randamentul orezului (t ha ⁻¹)
Orez-grâu	31,7	23,2	22,4	28,0	3,81
Orez-năut	32,3	20,3	13,5	25,3	3,88
Orez-grâu-pepene verde	9,9	7,3	3,3	9,9	4,09
Orez-grâu-Sesbania (GM)	17,4	13,0	15,1	19,4	4,21
Orez-muștar-pepene verde	16,2	9,9	7,2	15,9	4,05
Orez-linte-fasolă (F)	15,7	8,4	4,7	13,3	4,13
Orez-mazăre	32,2	20,7	16,7	26,4	4,01
Orez-linte+muștar (3:1)-fasolă(F)	17,2	11,5	6,5	15,1	4,15
Orez-porumb+mazăre (1:1)-fasolă (F)	19,4	12,6	11,1	20,0	4,18
Orez-cartofi-pepene verde	12,5	10,4	7,6	14,5	4,19

Avantajul suplimentar al rotației culturilor este că permite fermierilor să folosească noi erbicide care pot controla buruienile problematice. Implementarea NT va avea cel mai mare succes în sistemele care reflectă, de asemenea, cel puțin o rotație a culturilor de doi ani plus păstrarea solului permanent acoperit. Chiar dacă producătorii ar putea să nu dorească să încorporeze toți cei trei piloni ai SCA pe termen lung, utilizarea rotației culturilor și a reținerii reziduurilor în timpul unei perioade de tranziție ar fi probabil benefică pentru combaterea buruienilor pe termen lung în NT.

S-a demonstrat că rotația culturilor care implică patru ani sau mai mult, reduc drastic utilizarea erbicidelor atât în sistemele care includ lucrarea solului, cât și în cele fără lucrarea solului. De asemenea, a fost demonstrat că, includerea ierburilor perene în asolament, cum ar fi lucerna, contribuie la controlul buruienilor timp de până la trei ani și poate fi deosebit de eficientă în sistemele NT [2,34,67,76].

O metodă eficientă de control al buruienilor, aplicabilă în agricultura conservativă ar fi alelopatia. De-a lungul timpului a fost observat efectul inhibitor al unor specii de plante în raport

cu plantele cu care se învecinează. Alelopatia culturilor este folosită ca instrument competitiv în agricultura conservativă împotriva buruienilor [88].

Diferite culturi sunt capabile să suprimă în mod semnificativ buruienile, cum ar fi lucerna, orzul, muștarul negru, hrișca, porumbul, sorgul, floarea soarelui și grâul, fie prin absorbția compușilor alochimici din părțile vii ale plantelor, fie prin descompunerea reziduurilor. Cererea față de sistemele agricole durabile a forțat creșterea necesității culturilor de acoperire pentru un control eficient al buruienilor. Pentru exercitarea acestuia, este necesară înțelegerea rolului alelopatic în managementul buruienilor în cadrul diferitelor culturi de acoperire. Efectul alelopativ asupra buruienilor este de obicei mai mare atunci când se folosesc ierburi sau crucifere ca culturi de acoperire, decât atunci când se folosesc leguminoase. Utilizarea caracteristicilor alelopatică ale culturilor sau soiurilor cu calități semnificative de suprimare a buruienilor împreună cu strategii specifice de control al buruienilor poate juca un rol important în dezvoltarea sistemelor agricole durabile [4,33].

Folosirea reziduurilor de plante ce posedă proprietăți alelopatică în calitate de mulci, introducerea în asolament a culturilor alelopatică sau folosirea acestora ca culturi intercalate și folosirea culturilor de acoperire care posedă aceleași proprietăți pot servi ca o metodă eficientă de management a buruienilor în sistemul conservativ de agricultură. Astfel de strategii integrate pot servi ca agenți naturali în asigurarea managementului buruienilor (Tabelul 1.6.) [32].

Tabelul 1.6. Combaterea buruienilor prin mulci ce posedă efect alelopativ, încorporarea reziduurilor de cultură, culturi de acoperire și culturi intercalate

Sursa alelopativă	Modul de aplicare	Cultura	Speciile de buruieni	Masa uscată de buruieni, %	Sporul de producție, %	Referințe
Sorg	Încorporat în sol	Grâu	Phalaris canariensis, Medicago sativa	48-56	16-17	Khaliq A. ș.a. (2010)
	Mulci	Bumbac	Portulaca oleracea, Echinochloa crus-galli, Cynodon dactylon	5-97	69-119	Alsaadawi Is. ș. a. (2012)
	Extractul alelopativ	Bumbac	Trianthema portulacastrum, Fumaria parviflora, Chenopodium album, Rumex dentatus, Cyperus esculentus	29	45	Alsaadawi Is. ș. a. (2012)

Continuarea tabelului 1.6.

Grâu				35-49	11-20	Khaliq A. ș.a. (2010)
Floarea soarelui + orez + varză	Încorporat în sol	Porumb	Trianthema portulacastrum	60	41	Farooq M. ș. a. (2013)
	Extract alelopativ	Grâu	Phalaris canariensis, Avena fatua	2-16	2-6	Alsaadawi Is. ș. a. (2012)

Controlul buruienilor în sistemul conservativ de agricultură presupune o perioadă lungă de tranziție, și poate dura 4-10 ani, ca ulterior, producția culturilor, densitatea buruienilor și calitatea solului să poată ajunge la un echilibru [92].

Procesul de tranziție către sistemul conservativ de agricultură deseori, în multe țări, se face treptat sau parțial, unii fermieri preferă lucrarea minimă a solului ca o practică intermediară. Aceasta însă face și mai dificil procesul de control al buruienilor din cauza nerespectării tuturor principiilor de bază ale sistemului conservativ de agricultură [53, 90].

1.4. Influența sistemului conservativ de agricultură asupra încălzirii globale prin sechestrarea carbonului

Încălzirea globală reprezintă o problemă deosebit de importantă cu care se confruntă omenirea la moment și cu care se va confrunta pe viitor. Schimbările climatice, nu sunt altceva decât consecință al acestui fenomen dramatic. Acestea la rândul lor se manifestă prin secete frecvente, inundații, arșițe, ploi torențiale etc. Agricultura este un sector vulnerabil la aceste schimbări, de aceea este nevoie de acordat o atenție deosebită măsurilor de adaptare la schimbările climatice, cât și celor de diminuare a efectului de încălzire globală. Cu toate acestea, rolul solului în acordarea serviciilor ecosistemice, capacitatea de reglare a climei datorită sechestrării carbonului, rămâne deseori neglijată. Ca rezultat solul, este supus unui management incorect și defectuos, ceea ce scade funcționalitatea acestuia.

Potrivit Grupului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice (IPPC), prognozele privind încălzirea globală sunt atribuite în mare parte creșterii nivelurilor de CO₂, oxizi de azot (N₂O, NO) și metan (CH₄) din atmosferă. Smith ș.a. (2008), afirmă că, deși se consideră că agricultura are o contribuție relativ mică referitor la emisiile de CO₂, comparativ cu arderea combustibililor fosili, cercetările au demonstrat că agricultura este responsabilă pentru circa 50% din emisiile de CH₄ și respectiv 80 % din emisiile de N₂O [45].

Revoluția verde a avut un impact considerabil asupra creșterii producției alimentare. Cu regret, aceasta însă a creat o serie de consecințe negative asupra mediului ambiant, ceea ce pune în pericol securitatea alimentară la moment și pe viitor, în special în contextul creșterii populației la nivel global. Conceptul revoluției verzi, elaborat în secolul XX a demonstrat că soluțiile bazate pe știință sunt capabile să răspundă la provocările globale pentru beneficiul societății și anume asigurarea populației cu hrană. Astăzi, în secolul XXI, au apărut noi provocări, schimbarea climei fiind una dintre cele mai grave amenințări. Schimbările climatice și manifestarea unor fenomene meteorologice extreme, ar putea afecta grav nivelul de producție al culturilor în unele regiuni importante din punct de vedere al potențialului de producție al acestor regiuni, ceea ce poate cauza un impact negativ asupra securității alimentare și a disponibilității resurselor la nivel global. Prin urmare, sunt necesare intervenții imediate asupra schimbării paradigmei de intensificare a agriculturii, în vederea adaptării la schimbările climatice [37].

Solurile sănătoase reprezintă fundamentul agroecosistemelor durabile și productive. Menținerea solurilor sănătoase în sistemele agricole durabile poate fi realizată prin folosirea principiilor sănătății solului: acoperirea suprafeței solului cu plante în creștere sau mulci; perturbarea minimă a profilului solului; creșterea diversității speciilor de plante prin rotații, culturi de acoperire și pomiculturi; îmbunătățirea biotei solului și integrarea animalelor în sistemele agricole, acolo unde practic este posibil. Aplicarea tuturor acestor principii îmbunătățește funcționalitatea solului și favorizează acumularea carbonului în sol [59,80].

Majoritatea solurilor implicate în agricultura convențională au un conținut mult mai redus de materie organică comparativ cu cele din ecosistemele naturale. Acest lucru se datorează proceselor de mineralizare mai accelerate, schimbărilor fluctuațiilor de temperaturi și modificări ale regimului hidric, aportului redus de carbon și pierderea acestuia prin eroziune. Pierderea rezervei de COS, atribuită utilizării defectuoase istorice a terenurilor și gestionării greșite a solului, poate fi încă remediată prin conversia la o utilizare regenerativă a terenurilor și adoptarea practicilor de management recomandate [74].

Importanța plugului cu cormană, împreună cu utilizarea tractorului și mecanizarea operațiunilor agricole, în extinderea suprafeței de teren cultivate și creșterea productivității gospodăriilor agricole are o semnificație istorică. Cu toate acestea, vulnerabilitatea solului la eroziune accelerată, compactare, oxidare a materiei organice din sol, emisii de gaze cu efect de seră (în special dioxid de carbon) și probleme de mediu au condus la promovarea sistemului NT [76].

Lucrarea solului, de rând cu toate operațiunile efectuate la pregătirea patului germinativ afectează emisiile de carbon atât în mod direct cât și indirect. Emisiile directe, se datorează

consumului de combustibil necesar la îndeplinirea procedeelor agrotehnice. Acesta în mare măsură depinde de tipul de sol, dimensiunea tractorului și a agregatelor acestuia, tipul de agregat și adâncimea de lucrare a solului. Respectiv, consumul de combustibil este mai mare pentru solurile cu textură grea, dar, totodată depinde și de viteza de lucru a tractorului și de adâncimea de lucrare a solului [35].

Koller (1996), a raportat rezultatele unor cercetări în care indică la diferența considerabilă dintre consumul de motorină în cazul sistemului convențional de lucrare a solului în raport cu NT. Astfel, pentru arătura cu plug cu cormană consumul de motorină a constituit – 31,3 l/ha, pentru plugul cu daltă – 28,4 l/ha, pentru grapa cu discuri – 25,2 l/ha, iar pentru NT – 13,4 l/ha.

Prin urmare rezultatele exprimate în procente arată că, la tranziția de la arătură la NT consumul de motorină ar putea fi redus cu 73 % [69].

Cercetările efectuate pe cernoziomul tipic din stepa Bălțiului, la ICCC „Selecția”, de asemenea au demonstrat posibilitatea de reducere semnificativă a consumului de combustibil la folosirea metodei NT în raport cu arătura și lucrarea minimă a solului (grapa cu discuri). Rezultatele cercetărilor au arătat că consumul de motorină a fost majorat cu – 65,85% în cazul arăturii și respectiv, cu 39,13% în cazul lucrării minime a solului, în raport cu metoda NT [24].

Datele prezentate de prof. Rattan Lal, mărturisesc despre emisiile de CO₂ la efectuarea diferitor procedee agrotehnice (Tabelul 1.7). Rezultatele cercetărilor arată că emisiile de carbon estimate sunt considerabil mai mari la efectuarea lucrărilor adânci, comparativ cu lucrarea minimă a solului. Pentru arătura cu plug cu cormană au fost estimate cele mai mari cantități de carbon emise în atmosferă, acestea variind între 13,4 și 20,1 kg Carbon Echivalent (CE)/ha. În cazul lucrării solului cu grapa rotativă emisiile de C au constituit de la 1,2 până la 2,9 CE/ha, ceea ce reprezintă o cantitate considerabil mai mică comparativ cu arătura cu plug cu cormană. Arătura nu poate fi singurul procedeu agrotehnic necesar la cultivarea culturilor, de aceea la emisiile de carbon estimate pentru arătura cu plug cu cormană se adaugă și emisiile pentru procedeele care necesită a fi efectuate ulterior în vederea pregătirii patului germinativ. Prin urmare, excluderea lucrării solului prin tranziția de la sistemul convențional de agricultură la NT, ar putea duce la reducerea considerabilă a emisiilor de carbon în agricultură [75].

Tabelul 1.7. Evaluarea estimativă a emisiilor echivalente de carbon pentru o serie de operațiuni de lucrare a solului

Operațiunea de lucrare a solului	Emisia echivalentă de carbon (kg CE/ha)	
	intervalul	media S.D.
Arătura cu plug cu cormană	13,4-20,1	15,2± 4,1
Arătura cu cizel	4,5-11,1	7,9± 2,3

Continuarea tabelului 1.7.

Grapa cu discuri grele	4,6-11,2	8,3±2,5
Grapa cu discuri standard	4,0-7,1	5,8 ±1,7
Lucrul cu subsolierul	8,5-14,1	11,3 ±2,8
Cultivația	3,0-8,6	4,0 ±1,9
Grapa rotativă	1,2-2,9	2,0± 0,9

O sursă de emisii de carbon nu mai puțin importantă o reprezintă producerea, transportarea, și ambalarea produselor chimice folosite în agricultură (Tab. 1.8). Utilizarea pe scară largă a îngrășămintelor cu azot în agricultură reprezintă o sursă principală de poluare cu CO₂ și N₂O. Prin urmare, sporirea eficienței utilizării îngrășămintelor și găsirea de alternative este importantă pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Datele din Tabelul 1.8 arată emisia de C în raport cu producerea, ambalarea, depozitarea și distribuția produselor chimice folosite în agricultură. Totodată, autorul compară cantitatea emisiilor produse de la îngrășămintele minerale cu cele de la îngrășămintele organice, ultimele contribuind la o reducere semnificativă a gradului de poluare cu C. Astfel, emisiile de carbon pentru gunoiul de grajd proaspăt variază în limitele 7-8 g/kg de gunoi de grajd [64].

Pesticidele reprezintă de asemenea o sursă periculoasă de emisii de carbon, la producerea cărora are loc emiterea unor cantități de carbon considerabil mai mari decât cele de la producerea îngrășămintelor [75].

Tabelul 1.8. Estimări ale emisiilor de carbon pentru producția, transportul, depozitarea și transferul de produse chimice agricole

Fertilizanți	Emisia echivalentă de carbon (kg CE/kg)	
	intervalul	media S.D.
Fertilizanți		
Azot	0,9-1,8	1,3±0,3
Fosfor	0,1-0,3	0,2±0,06
Potasiu	0,1-0,2	0,15±0,06
Var	0,03-0,23	0,16±0,11
Pesticide		
Erbicide	1,7-12,6	6,3±2,7
Insecticide	1,2-8,1	5,1±3,0
Fungicide	1,2-8,0	3,9±2,2

Utilizarea îngrășămintelor cu azot este sursa dominantă de emisii de N₂O din agricultură, deoarece acest gaz este produsul secundar al numeroaselor transformări ale ciclului azotului (N) în sol, în special nitrificare și denitrificare. Pe lângă aceasta, o mare parte din azotul din îngrășămintele minerale se pierde prin levigare și/sau scurgere, și se deplasează în apele subterane. De aceea, este nevoie de administrarea precaută a îngrășămintelor cu azot, iar în măsura

posibilității acestea necesită a fi înlocuite cu creșterea capacității de fixare biologică a azotului din atmosferă prin intermediul culturilor leguminoase [37].

Cu regret, conceptul actual de intensificare a agriculturii care domină, inclusiv și în Republica Moldova, nu prevede măsuri pentru prevenirea degradării solurilor și diminuarea efectului de încălzire globală. Astfel, datele statistice din ultimii ani despre dinamica consumului de produse petroliere în agricultură în Republica Moldova indică o tendință de creștere, ceea ce duce la agravarea situației existente cu privire la schimbările climatice (Fig. 1.5.) [24]. Concomitent, s-au agravat și problemele de ordin ecologic, întrucât au apărut probleme legate de poluarea solului și a apelor subterane. Acestea la rândul lor au un impact direct asupra sănătății oamenilor din cauza contaminării produselor alimentare cu pesticide și a poluării apelor cu nitrați.

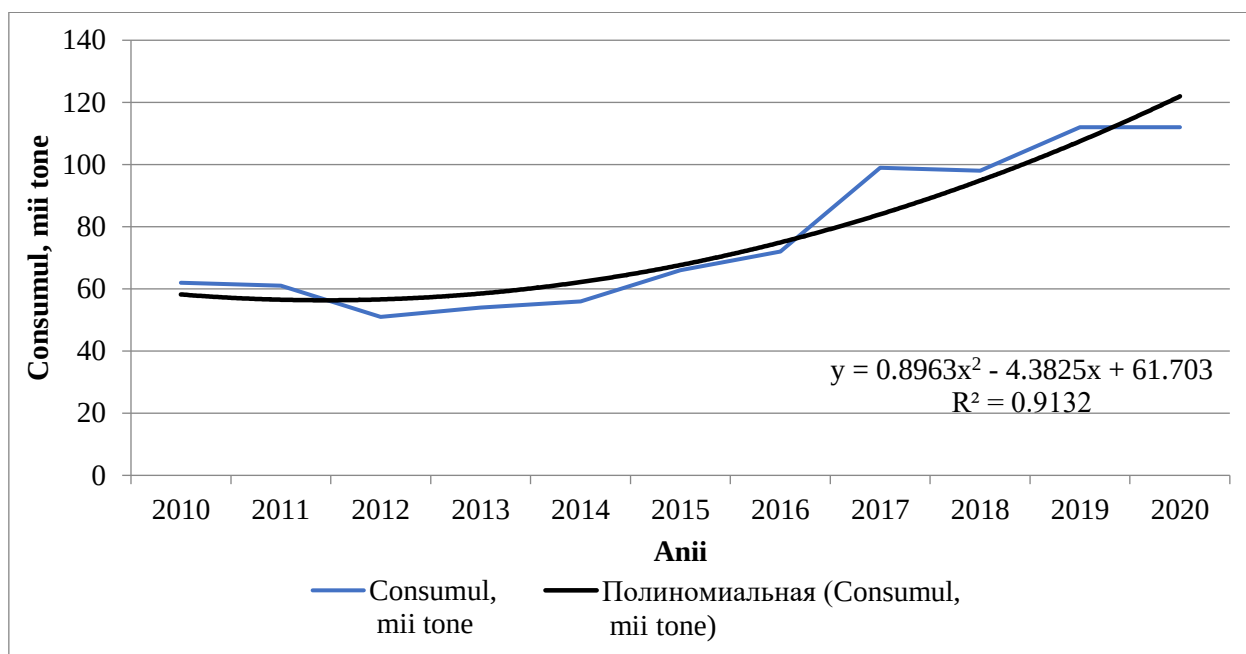


Fig. 1.5. Dinamica consumului de motorină în agricultură

Totodată, starea solurilor din Republica Moldova este în continuă degradare. Solurile noastre sunt supuse pericolului imens de eroziune, iar fertilitatea lor scade ca urmare a procesului de eroziune sau în urma pierderilor de materie organică din sol prin mineralizarea biologică [112].

Boincean B. (2021), afirmă că pierderile mineralizaționale de materie organică a solului au loc chiar și în cazul respectării asolamentelor cu o diversitate mai mare de culturi, inclusiv includerea ierburilor leguminoase perene în asolament și fertilizării cu gunoi de grajd, dar în măsură mai mică decât în cazul culturii permanente și a ogorului negru (Tabelul 1.9.) [24]. Aceste pierderi au loc ca urmare a dominării mineralizării substanței organice a solului în raport cu procesul de sinteză [18].

Atât comunitatea științifică, cât și fermierii trebuie să ajungă la o idee comună, precum că este nevoie de asigurat o dezvoltare durabilă a agriculturii, în care producția culturilor și mediul înconjurător trebuie să coexiste. Prin urmare, modul în care se gestionează terenurile agricole ar trebui să devină preocuparea tuturor, deoarece solul se află la baza existenței vieții pe Pământ și de el depinde calitatea produselor alimentare și starea mediului ambiant. Fermierii ar putea contribui la gestionarea regenerativă a solului prin adoptarea practicilor agricole conservative, care ar putea îmbunătăți sănătatea solului fără a reduce nivelul de producție, concomitent minimizând cheltuielile de energie din sursele energetice neregenerabile [96].

Tabelul 1.9. Schimbări în rezerva de materie organică a solului (după carbon) în perioada 1962-2012, experiența de câmp de lungă durată a ICCC „Selecția” în asolamente și în culturi permanente, stratul de sol 0-20 cm, t/ha

Indicatori	Rezerve inițiale de carbon, 1962	Variante							
		Pârloagă	Ogor negru	Culturi permanente				Asolamente	
				Grâu de toamnă		Porumb boabe		Culturi prășitoare, %	
				Nefertilizat	Fertilizat	Nefertilizat	Fertilizat	40+30% lucernă	60 (+12 t/ha gunoi de grajd)
Rezervele de carbon	78,7	79,4	56,9	59,3	71,5	55,9	62,4	64,3	71,0
Schimbarea rezervelor de carbon, t/ha	-	+0,7	-21,8	-19,4	-7,2	-22,8	-16,3	-14,4	-7,7
Schimbarea rezervelor de carbon, %	-	+0,19	-27,7	-24,7	-9,2	-29,0	-20,7	-18,3	-9,8
Pierderile anuale de carbon, kg/ha	-	+40,0	-410,0	-370,0	-140,0	-430,0	-310,0	-270,0	-150,0

Jorge A. ș.a. (2011), enumeră o serie de recomandări, prin intermediul cărora am putea contribui la atenuarea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Exemple de strategii de atenuare pentru agricultură:

1. Creșterea sechestrării C în sol și îmbunătățirea funcționalității solului;
2. Reducerea emisiilor de CH₄ de la rumegătoare prin gestionarea hrănirii, utilizarea uleiurilor comestibile și posibilele vaccinări;
3. Optimizarea folosirii îngrășămintelor cu azot cu descompunere lentă, aplicarea la momentul optim, administrarea în dozele adecvate pentru minimizarea emisiilor de N₂O;
4. Creșterea eficienței utilizării N pentru culturile agricole.

5. Captarea nutrienților și a energiei din gunoiul de grajd, reziduuri de cultură și gestionarea culturilor de acoperire (asigurarea unui ciclu închis al nutrienților);

6. Utilizarea surselor de energie mai eficiente și a energiei regenerabile (tractoare mai eficiente, energie verde) [37].

Pentru a putea aplica în practică aceste strategii, precum și multe altele, legate de sănătatea solului, este nevoie de schimbarea paradigmei existente de intensificare a agriculturii, către una durabilă. Aceasta presupune reducerea sau chiar excluderea factorilor ce contribuie la degradarea solurilor, manifestarea provocărilor de ordin ecologic, economic și social.

Adoptarea sistemului conservativ de agricultură ar putea face față acestor provocări, prin aplicarea corectă și în comun a tuturor principiilor de bază a SCA.

Replasarea lucrării mecanice a solului cu cea biologică, ar putea preveni degradarea sau chiar regenerarea sănătății solurilor; menține un nivel de producție stabil și reduce cheltuielile de producere, minimizând concomitent impactul negativ asupra mediului ambiant. Practicile de conservare pot reduce ratele de eroziune a solului, care pot apărea în condiții climatice extreme – fie că sunt precipitații abundente, cu o intensitate mai mare, fie o schimbare la un climat mai uscat care va crește pericolul de eroziune [58,86].

Disturbanța minimă a solului, diversitatea mare de culturi, inclusiv culturi succesive și menținerea resturilor vegetale la suprafața solului vor oferi, beneficii substanțiale în protejarea solului de factorii externi. Totodată, acestea vor contribui la acumularea carbonului în sol prin intermediul fotosintezei; îmbunătăți proprietățile agrofizice ale solului și capacitatea de acumulare a apei în sol din precipitații; reduce emisiile de gaze cu efect de seră prin arderea unei cantități mai mici de combustibil și minimizează cheltuielile de producere [96].

Concluzii la Capitolul 1:

1. Solurile Republicii Moldova sunt supuse pericolului alarmant de degradare, ca rezultat al gestionării iraționale a acestora cu aplicarea preponderentă a practicilor agricole intensive, orientate spre obținerea profitului, cu neglijarea consecințelor ecologice și sociale.

2. Degradarea solurilor sporește vulnerabilitatea sectorului agricol și nu asigură o dezvoltare durabilă, în aspect: economic, ecologic și social.

3. Solurile degradate, în special din punct de vedere fizic (destructurate), posedă o vulnerabilitate sporită la eroziune și secete, prin potențialul redus de reținere și penetrare a apei în sol.

4. Cernoziomurile Republicii Moldova au pierdut circa 20-70% din rezerva inițială de humus.

5. Potrivit cercetărilor, arătura reprezintă unul din factorii principali, care duce la reducerea conținutului de MOS, pierderile fiind mai intense în momentul desțelenirii și în măsură mai mică de-a lungul exploatării acestora.

6. Cercetările au demonstrat că lucrarea solului contribuie la reducerea stabilității agregatelor structurale, iar încorporarea resturilor vegetale odată cu efectuarea lucrării solului duce la sporirea pericolului de eroziune sub diferite forme.

7. Replasarea vegetației perene cu culturi anuale sporește profitul economic, dar contribuie la pierderi colosale de MOS, cauzând probleme de ordin ecologic și social. Folosirea plugului cu cormană, asemănător îngrășămintelor minerale de azot intensifică procesele de mineralizare a materiei organice a solului contribuind astfel în timp la epuizarea fertilității solului [68].

8. Modelul industrial de intensificare a agriculturii, care predomină în agricultură, a contribuit la creșterea inițială a profitului, dar cauzând un dezechilibru în cadrul ecosistemelor, reducând capacitatea solurilor în acordarea serviciilor ecosistemice și sociale din cauza reducerii funcționalității solului.

9. Pentru asigurarea dezvoltării durabile a agriculturii este nevoie de o viziune sistemică (holistică), orientată nu doar spre obținerea unui nivel înalt de producție, dar și spre prevenirea impactului negativ asupra resurselor naturale, mediului ambiant și sănătății oamenilor.

10. Adoptarea sistemului conservativ de agricultură poate contribui la reducerea substanțială a cheltuielilor de producere cu sporirea competitivității producătorilor agricoli și ameliorarea calității mediului ambiant și sănătății oamenilor.

11. Sistemul conservativ de agricultură permite protejarea solului contra eroziunii și reducerea impactului negativ al secetelor, în cazul respectării tuturor principiilor de bază ai sistemului.

12. Prin, utilizarea tehnologiei NT crește eficacitatea folosirii apei din sol cu 20-30%, în raport cu procedeele agrotehnice convenționale.

2. CONDIȚIILE ȘI METODELE DE CERCETARE

2.1. Condițiile meteorologice

Analiza datelor meteorologice a fost efectuată în baza datelor obținute de la stațiunea meteorologică a Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”. Au fost studiați trei ani agricoli: 2018-2019; 2019-2020 și 2020-2021, în care a fost efectuată monitorizarea cantității de precipitații căzute și temperatura aerului atmosferic.

Câmpurile experimentale sunt amplasate în zona de stepă din Nordul Republicii Moldova, care se caracterizează prin secete frecvente, suma medie multianuală a precipitațiilor constituind – 445,0 mm.

Datele obținute au fost comparate cu media multianuală caracteristică pentru zona respectivă. Anii de studiu s-au diferențiat semnificativ după cantitatea de precipitații căzute (mm) pe parcursul fiecărui an agricol (Fig. 2.1.).

În anul agricol 2018-2019 nu au fost înregistrate abateri substanțiale de la media multianuală privind cantitatea totală de precipitații căzute. Astfel, suma precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2018-2019, a depășit doar cu 15,1 mm suma medie multianuală, alcătuind 460,1 mm.

Anul doi de studiu (2019-2020) s-a dovedit a fi extrem de secetos. Aici abaterea de la suma medie multianuală a constituit -168,0 mm, cantitatea totală de precipitații căzute fiind de - 277,0 mm.

Pentru anul agricol 2020-2021 este caracteristică o cantitate semnificativ mai mare de precipitații atmosferice căzute, acestea depășind cu 144,0 mm suma medie multianuală, fiind unul cu condiții umede.

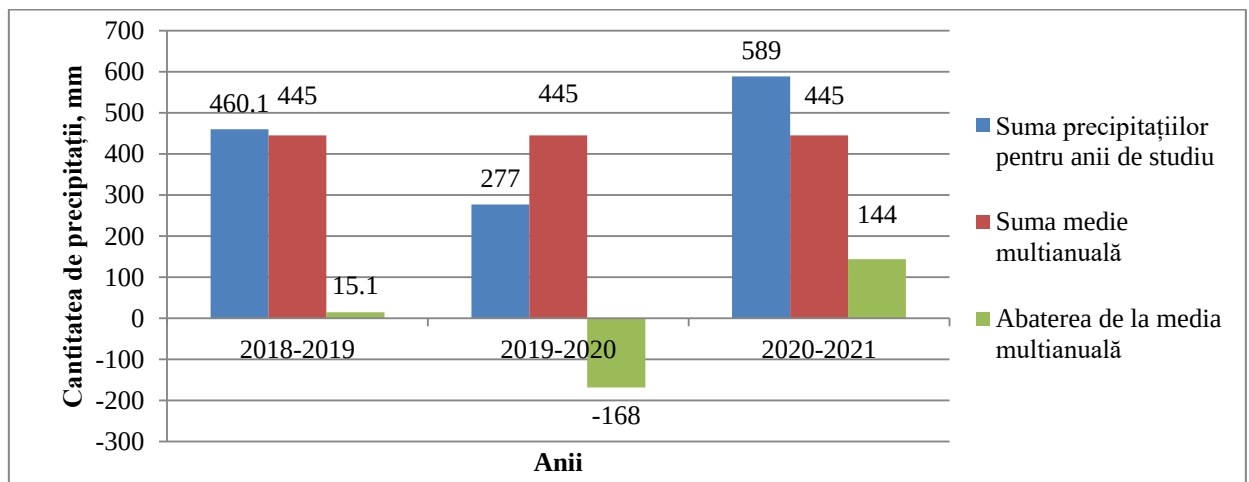


Fig. 2.1. Cantitatea totală de precipitații căzute în perioada anilor de studii și suma medie multianuală, în baza datelor obținute la stațiunea meteorologică a ICCC „Selecția”

Datele privind cantitatea de precipitații atmosferice lunare, mărturisesc despre neuniformitatea repartizării acestora în decursul anilor de studii. Astfel, anul agricol 2018-2019 indică un deficit considerabil de precipitații în primele luni (Fig. 2.2.).

Acest deficit extrem de depuneri atmosferice a fost înregistrat în lunile septembrie și octombrie, când abaterea de la suma medie multianuală a constituit -19,3 mm și respectiv -31,0 mm.

Iarna, în special luna ianuarie, la fel a înregistrat un deficit de precipitații atmosferice. Tocmai în primăvară, începând cu luna aprilie, precipitațiile au căzut mai abundent, având o tendință de reducere în lunile de vară.

Către luna august abaterea de la suma medie multianuală iarăși indică o valoare negativă.

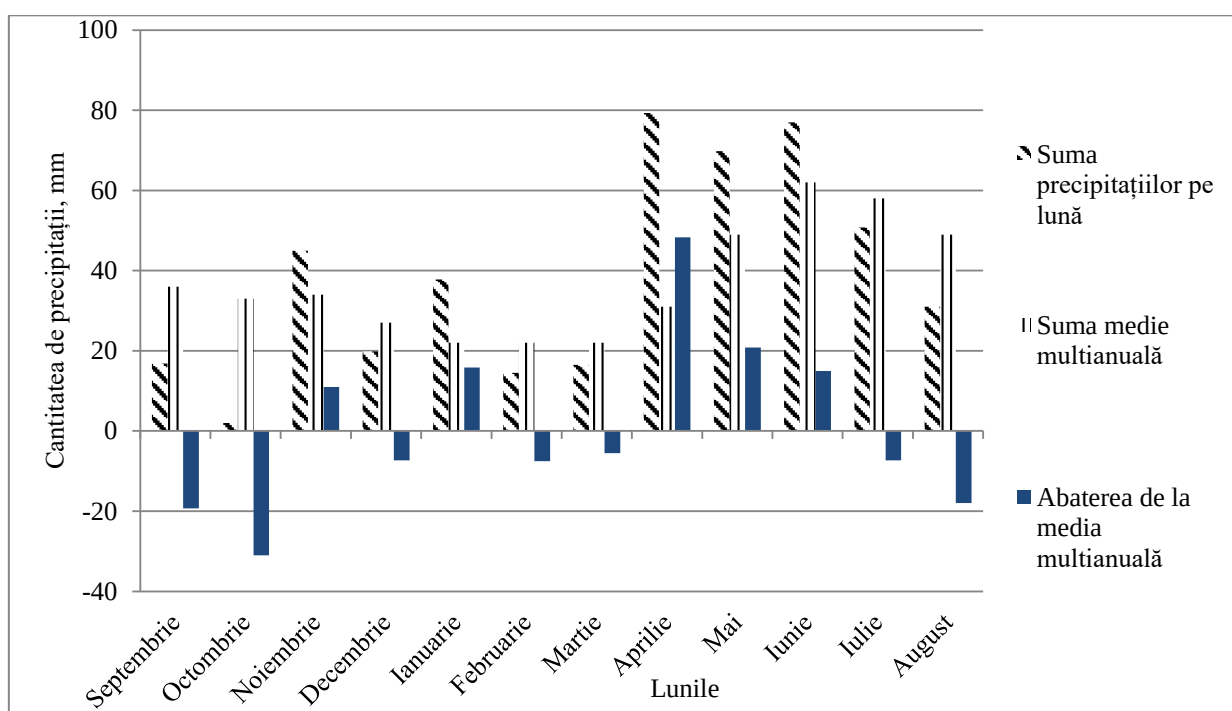


Fig. 2.2. Analiza precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2018-2019 comparativ cu media multianuală, în baza datelor obținute la stația meteorologică a ICCV „Selecția”

Anul agricol 2019-2020 a fost unul extrem de secetos. Cantitatea totală de precipitații indică un deficit de 168,0 mm.

Un bilanț negativ al precipitațiilor în raport cu suma medie multianuală se menține aproximativ pe tot parcursul anului (Fig. 2.3.).

Luna ianuarie a fost lipsită total de precipitații, astfel deficitul a constituit – 22,0 mm. O situație similară se observă și în luna aprilie unde absența precipitațiilor a cauzat un neajuns de 31,0 mm. Doar în două luni din întreaga perioadă cantitatea de precipitații a depășit suma medie multianuală. Astfel, pentru luna mai acest surplus a constituit -18,0 mm, iar pentru iunie -8,3 mm.

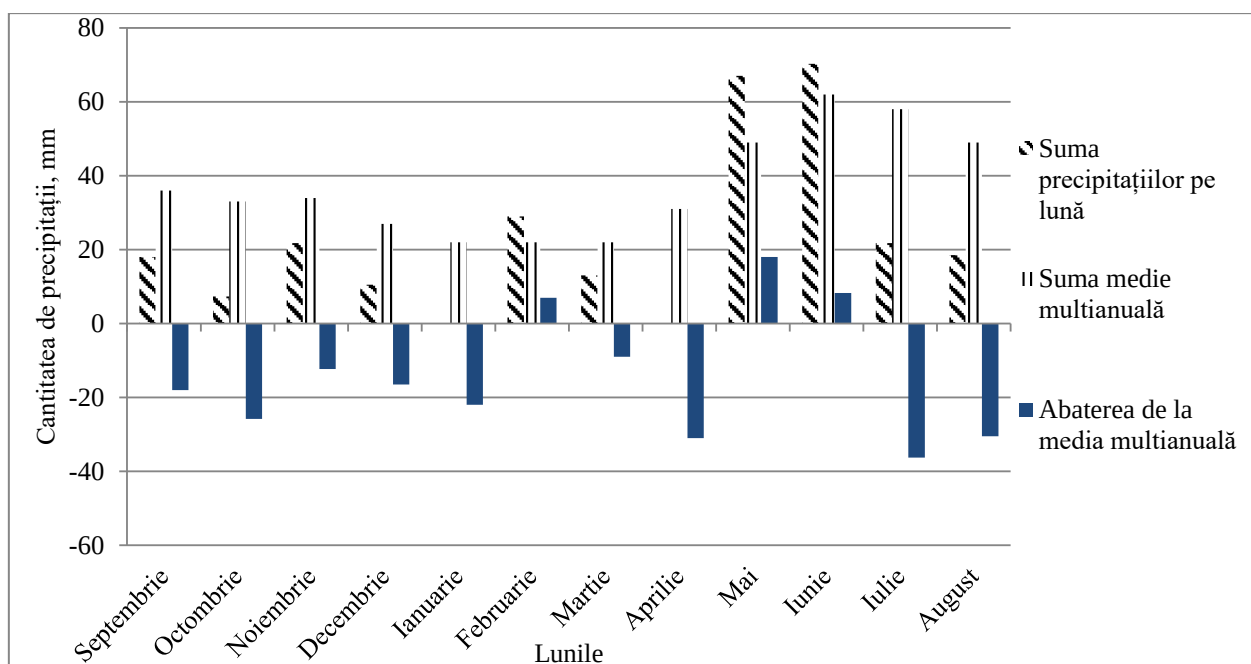


Fig. 2.3. Analiza precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2019-2020 comparativ cu media multianuală, în baza datelor obținute la stația meteorologică a ICCC „Selecția”

Precipitațiile căzute în perioada anului agricol 2020-2021 depășesc semnificativ media multianuală (Fig. 2.4.).

Cantitatea totală de precipitații atmosferice a constituit 589,0 mm, depășind cu 144 mm suma medie multianuală. Aproximativ pentru toate lunile suma precipitațiilor depășește media multianuală.

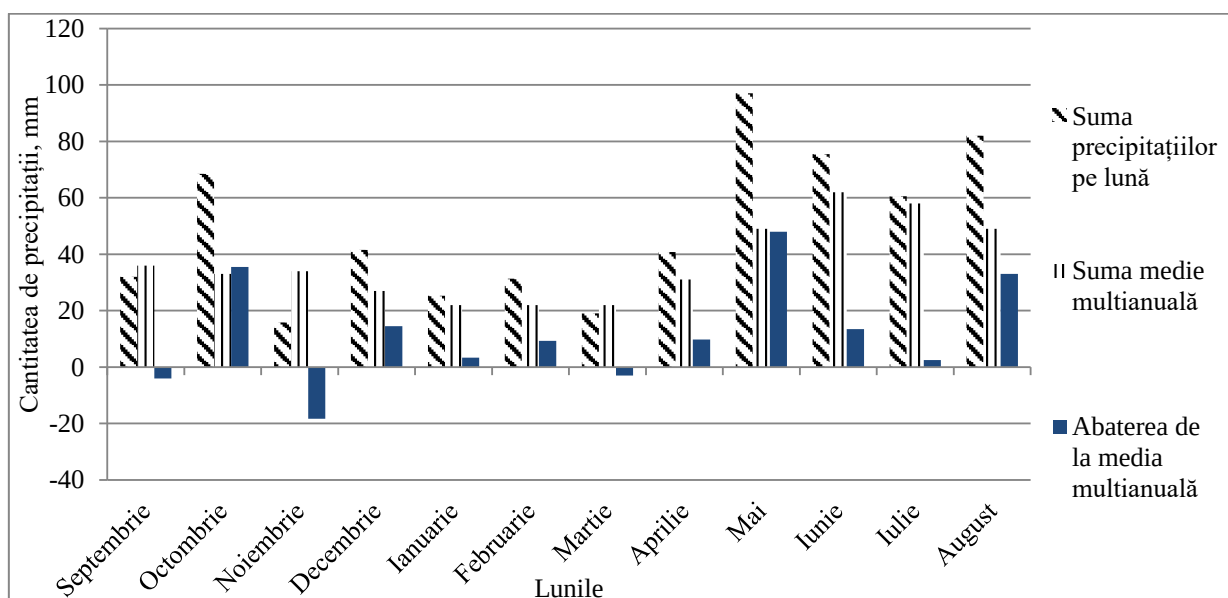


Fig. 2.4. Analiza precipitațiilor căzute în perioada anului agricol 2020-2021 comparativ cu media multianuală, în baza datelor obținute la stațiunea meteorologică a ICCC „Selecția”

Temperatura medie a aerului atmosferic indică abateri pozitive pentru toți anii de studiu (Fig. 2.5.). Potrivit observațiilor efectuate la Stațiunea meteorologică a ICCC „Selecția”, cele mai ridicate temperaturi au fost înregistrate în perioada anului agricol 2019-2020, când temperatura medie anuală a depășit cu 2,7 °C media multianuală. Pentru anul agricol 2018-2019 abaterea a constituit 1,7 °C și respectiv pentru anul agricol 2020-2021 – 1,2 °C.

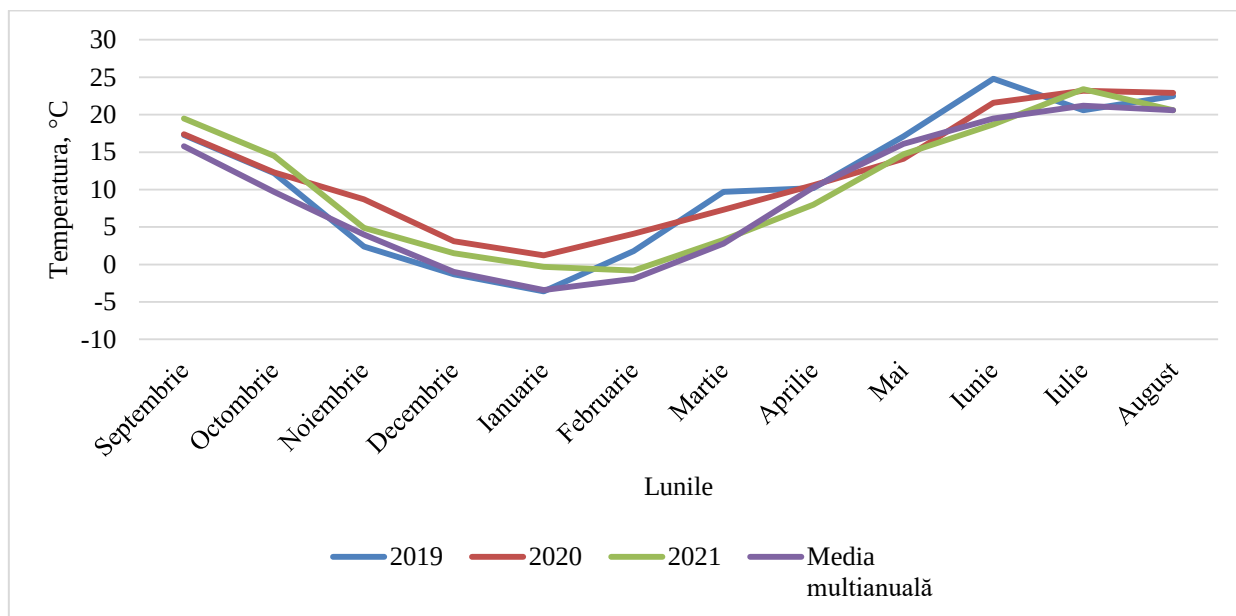


Fig. 2.5. Dinamica temperaturilor aerului atmosferic, pentru anii agricoli 2018-2019, 2019-2020 și 2020-2021, conform stațiunii meteorologice a ICCC „Selecția” din Bălți

2.2. Metode și condiții de cercetare

Cercetările au fost realizate în cadrul experiențelor de câmp de lungă durată a Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”, fondate în 1961. Solurile câmpului experimental sunt reprezentate de cernoziomul tipic luto-argilos. După datele analizei solului din 1993 stratul arabil 0-20 cm se caracterizează prin următorii indicatori agrochimici: conținutul de materie organică după Tiurin 4,8-5 %; PH în apă 7,3; conținutul de azot, fosfor și caliu total 0,21-0,25%; 0,09-0,11%; 1,22-1,28% corespunzător. Conținutul de forme mobile P și K după Ciricov 130-150 și 160-180 mg/kg de sol corespunzător [112].

În cadrul cercetărilor au fost realizate două experiențe separate, fiecare aplicând semănatul direct. Acestea s-au desfășurat în același interval de timp, în condiții pedoclimatice similare, dar având scheme experimentale diferite, în funcție de cultura studiată, structura asolamentului și modul de gestionare a resturilor vegetale.

În prima experiență se studiază producția orzului și a grâului de toamnă semănat direct (No-till), cultivat în asolament, după diferiți premergători: porumb pentru boabe, mazăre pentru

boabe și borceag de primăvară (Tabelul 2.1.). Experiența este amplasată pe două fonduri de fertilizare: nefertilizat și fertilizat cu îngrășăminte organo-minerale.

Nr. câmp.	7	5	4	2	1	8
11	**Grâu de toamnă fără îngrășăminte	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
10	*Sfecla pentru zahăr, fără îngrășăminte	*Lucerna la masă verde	*Sf. pentru zahăr 40 t/ha N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Porumb pentru boabe N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Sf. pentru zahăr, 40 t/ha + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Floarea-soarelui 30t/ha + N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀
9	**Porumb pentru boabe, fără îngrășăminte	Lucerna al 2 an la masă verde	**Porumb pentru boabe	**Porumb pentru boabe	**Porumb pentru boabe	**Porumb pentru boabe
8	**Borceag de primăvară, fără îngrășăminte	Lucerna al 3 an, prima coasă	**Borceag de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Ogor negru	*Porumb pentru siloz N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Mazăre pentru boabe N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
7	**Grâu de toamnă, fără îngrășăminte	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
6	*Sfeclă pentru zahăr, fără îngrășăminte	*Sfeclă pentru zahăr 40 t/ha + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Sfeclă pentru zahăr 40 t/ha N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Porumb pentru boabe N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Sfecla pentru zahăr 40 t/ha + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	*Floarea-soarelui 30 t/ha + N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀
5	**Porumb pentru boabe	**Porumb pentru boabe	**Porumb pentru boabe	**Mazăre pentru boabe N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	**Porumb pentru boabe	**Borceag de primăvara N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
4	***Orz de toamnă și Grâu de toamnă fără îngrășăminte	***Orz de toamnă și Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	***Orz de toamnă și Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Orz de toamnă și Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	***Orz de toamnă și Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Orz de toamnă și Grâu de toamnă N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
3	*Floarea-soarelui, fără îngrășăminte	*Floarea-soarelui, N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀ + 30 t/ha gunoi de grajd	*Sf. pentru zahăr N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + 40 t/ha gunoi de grajd	*Floarea-soarelui, N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	*Floarea-soarelui N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀ + 30 t/ha gunoi de grajd	*Sf. pentru zahăr N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + 40 t/ha gunoi de grajd
2	**Porumb pentru siloz fără îngrășăminte	**Porumb pentru siloz N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Porumb pentru siloz N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Porumb pentru siloz N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Porumb pentru siloz N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	**Porumb pentru siloz N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀

Tabelul 2.1. Schema amplasării culturilor în asolament, lucrarea solului și fertilizarea în experiența de lungă durată pe asolamente

Adnotare: * arătura, ** lucrarea minimă a solului (grapa cu discuri), ***lucrarea zero (No-till)

Nivelul de producție al grâului și orzului de toamnă a fost studiat în 8 asolamente a câte 10 câmpuri, cu diferit grad de saturare cu culturi prășitoare.

Experiența include 3 repetiții. Suprafața unei parcele experimentale constituie 283 m². De menționat că lucrarea zero (No-till) a fost studiată pe fond cu și fără fertilizare în cadrul unui câmp a asolamentelor de lungă durată: 1, 3, 4, 5, 6, 7. Schema amplasării culturilor în asolament, lucrarea și fertilizarea solului în experiența de câmp de lungă durată este prezentată în Tabelul 2.1. Cercetările au fost realizate în câmpul 4, care este divizat în două părți (jumătăți) însemănțate corespunzător cu grâu de toamnă și orz de toamnă. În asolamentele 2 și 8 a fost efectuată o lucrare cu grapa cu discuri după recoltarea premergătorilor, cu scopul de a distruge buruienile până ce acestea v-or forma semințe.

Semănatul pe toate variantele studiate a fost efectuat în aceeași perioadă - cu ajutorul semănătorii *Moore Unidrill*, cu norma de 5 mln. semințe în cazul grâului de toamnă și 4,5 mln. pentru orzul de toamnă. Câmpurile ce nu includ folosirea No-till au fost însemănțate cu ajutorul semănătorii *SN-16*, cu aceeași normă de însemănțare.

Administrarea îngrășămintelor minerale a fost efectuată conform dozelor menționate în schema experienței. Aplicarea acestora a fost efectuată manual, fiind împrăștiate pe suprafața solului.

A doua experiență are drept scop studierea producției orzului de toamnă, soiul „*Scînteia*”, semănat direct (No-till) pe câmpul după porumb pentru boabe în lipsa mijloacelor chimice pentru combaterea bolilor, dăunătorilor și buruienilor în experiența pe agricultura ecologică (Tab. 2.2.).

Experiența include trei blocuri cu trei fonduri de fertilizare: nefertilizat, fertilizat cu gunoi de grajd (40 t/ha sub sfecla de zahăr; 30 t/ha sub borceag de primăvară) și fondul cu îngrășămintă organo-minerale, parcelele fiind divizate în două jumătăți: îngrășămintă minerale cu azot (NPK) și fără azot (PK).

În experiență au fost studiate trei asolamente - cu și fără amestec de ierburi leguminoase perene și graminee. Primele două asolamente includ amestec de ierburi perene (lucerna la masă verde + reigras), spre deosebire de asolamentul 3, care include doar ierburi anuale (măzăriche de primăvară + ovăz la masă verde).

În asolamentele unu și trei nu se aplică resturi vegetale, doar în asolamentul doi se studiază influența diferitor doze de resturi vegetale rămase la suprafața solului după recoltarea la așa culturi în asolament ca: grâul de toamnă, orzul de toamnă și porumbul la boabe.

În urma recoltării culturilor susmenționate a fost efectuată modelarea dozelor de resturi vegetale. Dozele de resturi vegetale au fost cântărite și aplicate manual pe suprafața parcelelor experimentale. Ulterior, acestea au fost mărunțite cu ajutorul tocătorului (Fig. 2.6.).



Fig. 2.6. Mărunțirea resturilor vegetale cu ajutorul tocătorului (Sursa: foto autor)

Experiența include 3 repetiții. Suprafața unei parcele experimentale constituie 200 m².

Semănatul orzului de toamnă a fost efectuat similar ca și în cazul primei experiențe menționate mai sus, cu norma de 4.500.000 de semințe la ha, utilizând semănătoarea *Moore Unidrill*.

Pentru culturile studiate în cadrul experienței au fost utilizate diferite metode de lucrare a solului, în dependență de culturile studiate.

Tabelul 2.2. Schema amplasării culturilor, metoda de lucrare a solului și sistemele de fertilizare în experiența de câmp de lungă durată pe agricultura ecologică

	Blocul 1			Blocul 2			Blocul 3		
	fără îngrășămintă			cu îngrășămintă organice			cu îngrășămintă organice + NPK		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	***Sfeclă pentru zahăr	***Sfeclă pentru zahăr	***Sfeclă pentru zahăr	***Sfeclă pentru zahăr 40 t/ha gunoi de grajd	***Sfeclă pentru zahăr 40 t de gunoi de grajd 4,5 t/ha paie	***Sfeclă pentru zahăr 40 t gunoi de grajd	***Sfeclă pentru zahăr, N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀ 40 t gunoi	***Sfeclă pentru zahăr, N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀ 4,5 t/ha paie 40 t/ha gunoi	***Sfeclă pentru zahăr N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀ 40t gunoi
							fără azot mineral		
2	**Porumb la boabe	**Porumb la boabe	**Porumb la boabe	**Porumb la boabe	**Porumb la boabe	**Porumb la boabe	**Porumb la boabe N ₇₀	**Porumb la boabe N ₇₀	**Porumb la boabe N ₇₀
							fără azot mineral		
3	*Orz de toamnă	*Orz de toamnă	*Orz de toamnă	*Orz de toamnă	*Orz de toamnă 5,7 t/ha ciocleji	*Orz de toamnă	*Orz de toamnă N ₆₀	*Orz de toamnă + N ₆₀ 5,7 t/ha, ciocleji	*Orz de toamnă N ₆₀
								fără azot mineral 5,7 t/ha ciocleji	
4	***Lucernă + raigras la masă verde	***Lucernă + raigras la masă verde	***Porumb la boabe	***Lucernă + raigras la masă verde 40 t/ha gunoi de grajd	***Lucernă + raigras la masă verde 20 t/ha gunoi de grajd + 3,3 t/ha paie	***Porumb la boabe 40 t/ha gunoi de grajd	***Lucernă + raigras N50P30K30 40 t/ha gunoi de grajd	***Lucernă + raigras N75P30K30 20 t/ha gunoi de grajd + 3,3 t/ha paie	***Porumb la boabe N60P30K30 40 t/ha gunoi de grajd
							***Lucernă + raigras P30K30 40 t/ha gunoi de grajd	***Lucernă + raigras P30K30 20 t/ha gunoi de grajd + 3,3 t/ha paie de orz	***Porumb la boabe P30K30 40 t/ha gunoi de grajd
5	Lucernă + raigras al 2 an la masă verde	Lucernă + raigras al 2 an la masă verde	**Floarea-soarelui	Lucernă + raigras al 2 an la masă verde	Lucernă + raigras al 2 an la masă verde	**Floarea-soarelui	Lucernă + raigras al 2-a an la masă verde	Lucernă + raigras al 2-a an la masă verde	**Floarea-soarelui N ₄₅ K ₉₅
							Lucernă + raigras al 2-a an la masă verde	Lucernă + raigras al 2-a an la masă verde	**Floarea-soarelui K ₉₅
6	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde prima coasă	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde prima coasă	**Măzăriche cu ovăz la masă verde	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde prima coasă	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde prima coasă	**Măzăriche cu ovăz la masă verde 30t/ha gunoi de grajd	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde	**Măzăriche cu ovăz la masă verde N ₃₀ + 30 t/ha gunoi de grajd
							Lucernă + raigras al 3 an la masă verde	Lucernă + raigras al 3 an la masă verde	**Măzăriche cu ovăz la masă verde + 30 t/ha gunoi de grajd
7	***Grâu de toamnă	***Grâu de toamnă	**Grâu de toamnă	***Grâu de toamnă	***Grâu de toamnă	**Grâu de toamnă	***Grâu de toamnă, N ₄₀	***Grâu de toamnă N ₄₀	**Grâu de toamnă N ₄₀
							fără azot mineral		

Adnotare: *lucrarea zero (No-till), **lucrarea minimă a solului (grapa cu discuri), ***arătura cu plug cu cormană

Schema repartizării dozelor de resturi vegetale de porumb recoltat la boabe este prezentată în Tabelul 2.3. Suprafața unei parcele experimentale a constituit 25 m². După recoltarea porumbului la boabe, resturile vegetale au fost mărunțite și distribuite pe suprafața solului conform schemei experienței.

Corespunzător, variantele studiate includ:

- 0 doze de resturi vegetale;
- 1 doză de resturi vegetale;
- 2 doze de resturi vegetale;
- 3 doze de resturi vegetale;

Tabelul 2.3. Schema aplicării dozelor de resturi vegetale de porumb sub orzul de toamnă

75 m														
Asol. 1	Asol. 2	Asol. 3	Asol. 1	Asol. 2	Asol. 3	Asol. 1	Asol. 2	Asol. 3	Asol. 1	Asol. 2	Asol. 3	Asol. 1	Asol. 2	Asol. 3
Nefertilizat			Fertilizat cu gunoi de grajd			Fertilizat cu gunoi de grajd + PK și NPK								
43 m	a			a			a			a			a	
	b			b			b			b			b	
	7,4 t/ha			9,7 t/ha			9,7 t/ha			9,7 t/ha			9,7 t/ha	
	c			c			c			c			c	
	14,8 t/ha			19,4 t/ha			19,4 t/ha			19,4 t/ha			19,4 t/ha	
	d			d			d			d			d	
	22,2 t/ha			29,1 t/ha			29,1 t/ha			29,1 t/ha			29,1 t/ha	
	d			d			d			d			d	
21,5 m	22,2 t/ha			29,1 t/ha			29,2 t/ha			29,2 t/ha			29,2 t/ha	
	c			c			c			c			c	
	14,8 t/ha			19,4 t/ha			19,5 t/ha			19,5 t/ha			19,5 t/ha	
	b			b			b			b			b	
21,5 m	7,4 t/ha			9,7 t/ha			9,7 t/ha			9,7 t/ha			9,7 t/ha	
	a			a			a			a			a	

Pe lângă producția culturilor studiate au fost analizați și alți indicatori precum: rezerva de apă accesibilă din sol; conținutul de elemente nutritive (NPK), conținutul de materie organică din sol, densitatea aparentă a solului, respirația solului etc.

A fost calculată acumularea apei în sol și consumul de apă la cultivarea culturilor cerealiere de toamnă în dependență de premergător, asolament, sistemul de fertilizare și lucrare a solului.

Paralel au fost studiate și alte experiențe în care sunt aplicate tehnologiile clasice de cultivare a culturilor, inclusiv cultura permanentă.

Schema experienței de câmp de lungă durată este prezentată în tabelul 2.4. În cadrul lucrării au fost analizate datele privind producția grâului și orzului de toamnă în cultura permanentă, pe fond fertilizat și nefertilizat, precum și datele privind agrofizica solului privind parcelele cu pârloagă și ogor negru.

Tabelul 2.4. Schema experienței de câmp de lungă durată cu culturi permanente

Fond nefertilizat					Fond fertilizat				
5	Ogor negru	Porumb pentru boabe		Grâu de toamnă	Ogor negru 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	Porumb pentru boabe 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	Grâu de toamnă 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀		
4	Secară de toamnă	Pârloagă	Lucernă și raigras semănat compact	Lucernă și raigras semănat în fâșii	Lucernă la masă verde semănat compact	Lucernă la masă verde semănat compact	Pârloagă	Lucernă și raigras semănat compact	Secară de toamnă 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ inclusiv N ₃₀
3	Borceag de primăvară la masă verde	Ogor negru	Sfecla de zahăr permanent		Borceag de primăvară la masă verde	Ogor negru	Floarea-soarelui permanent		
2	Ovăz	Triticale de toamnă			Orz de toamnă	Orz de primăvară	Floarea-soarelui permanent		
	Orz de primăvară	Orz de primăvară			Orz de primăvară 30 t/ha gunoi de grajd + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	Orz de toamnă 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	Floarea-soarelui permanent	Ogor negru	Borceag de primăvară la masă verde
	Triticale de toamnă	Triticale de toamnă 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀			Triticale de toamnă 30 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	Ovăz 30 t/ha gunoi de grajd + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	20 t/ha gunoi de grajd + N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	40 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	

În afară de analizele tradițional efectuate în cadrul programului de cercetare a Laboratorului de Tehnologii Agricole și Sisteme Agrotehnice, suplimentar au fost realizate următoarele analize:

- **densitatea aparentă a solului** – după metoda cilindrelor [114];
- **porozitatea totală a solului** – prin calcul [114];
- **rezerva de apă accesibilă** – prin metoda gravimetrică [114];
- **determinarea conținutului de nitrați NO_3** - cu ajutorul ionometrului [114];
- **conținutul de P și K** – după Ciricov [111];
- **conținutul și rezerva de materie organică** – după I.V. Tiurin, 1937 [111];
- **analiza statistică a rezultatelor** – după B.A. Dospehov, 1985 [115];
- **activitatea microbiologică a solului prin evidența emanării CO_2** [2];
- **evidența recoltei** - mecanizat sau manual, în funcție de cultură.

Concluzii la Capitolul 2:

1. Analiza condițiilor meteorologice pentru anii de studiu scoate în evidență doi ani diametral opuși (2020 și 2021), din punct de vedere al precipitațiilor, înregistrând extreme devieri în raport cu media multianuală.

2. Repartizarea neuniformă a precipitațiilor atmosferice de-a lungul perioadei de vegetație a plantelor reprezintă o provocare alarmantă care impune căutarea soluțiilor eficiente pentru acumularea apei în sol și folosirea rațională a acesteia.

3. În scopul reducerii perturbanței mecanice a solului și conservării apei în sol cercetările au fost efectuate pe un câmp din asolamentele de câmp de lungă durată cu folosirea semănatului direct a culturilor cerealiere de toamnă după porumb pentru boabe.

4. Metodica realizării cercetărilor corespunde celei adoptate pentru experimentele de câmp de lungă durată din cadrul ICCC „Selecția”.

3. PRODUCȚIA CULTURILOR CEREALIERE DE TOAMNĂ DUPĂ PORUMB PENTRU BOABE ȘI PREMERGĂTORI TIMPURII ÎN DIFERITE ASOLAMENTE DEC CÂMP DE LUNGĂ DURATĂ

3.1. Producția grâului de toamnă, soiul „Vestitor”, în experiența de câmp de lungă durată pe asolamente și în cultura permanentă

Grâul de toamnă în condiții optime din punct de vedere al precipitațiilor reacționează mai mult la asolament și premergător decât la fertilizare (Tabelul 3.1.).

Tabelul 3.1. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” în dependență de asolament, premergător și fertilizare, la folosirea lucrării zero și lucrării solului cu grapa cu discuri, pentru anii 2019-2021

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	2019		2020		2021	
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %
7 (martor nefertilizat)	Porumb pentru boabe*	Nefertilizat	1,84	-	1,83	-	5,39	-
3	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	2,47	+0,63/34,0	2,19	+0,36/20,0	4,58	-0,81/-15,0
1	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	2,53	-	2,31	-	4,66	-
2	Mazăre pentru boabe**	Fertilizat	3,20	-	3,83	-	5,26	-
4	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	2,57	-	2,52	-	4,05	-
5	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	2,54	-	2,61	-	4,86	-
8	Amestec de mazărice + ovăz pentru masă verde**	Fertilizat	2,57	-	3,50	-	4,21	-
Dl ₀₅			0,06		0,12		0,17	

Adnotare: * Fără lucrarea solului

** Grapa cu discuri (o singură trecere după recoltarea culturii premergătoare)

Producția de boabe la cultivarea lui după mazăre la boabe (Asol. 2) a alcătuit în anul 2019 – 3,20 t/ha, cu o diferență semnificativă față de restul variantelor studiate. La amplasarea culturii după porumb pentru boabe pe fond nefertilizat producția a constituit – 1,84 t/ha. Fertilizarea a asigurat un spor de producție de 0,63 t/ha sau 34% în raport cu fondul nefertilizat (Asol. 3 și Asol. 7).

Rolul premergătorului este crucial de important în condiții de secetă. Datele experimentale obținute în condițiile anului secetos 2020 demonstrează acest lucru prin compararea sporului de producție de la premergător cu cel de la fertilizare. La amplasarea grâului de toamnă după mazăre la boabe și borceag de primăvară producția a constituit 3,83 t/ha (Asol. 2) și respectiv - 3,50 t/ha (Asol. 8). La amplasarea grâului de toamnă după porumb pentru boabe pe fond nefertilizat (Asol. 7) producția a constituit 1,83 t/ha. Sporul de producție de la fertilizare după același premergător (Asol. 3) a constituit 0,36 t/ha sau 20%.

În condițiile anului cu exces de umiditate (2021) producția grâului de toamnă la amplasarea după mazăre la boabe a fost la același nivel ca după porumb pentru boabe – 5,26 și 5,39 t/ha, corespunzător. După borceag de primăvară producția grâului de toamnă a fost mai mică – 4,21 t/ha din cauza păturirii. Îngrășămintele minerale în condițiile anului 2021 au avut o influență negativă asupra producției de boabe din aceleași motive.

Rezultatele obținute pe parcursul a trei ani de studii demonstrează rolul crucial al premergătorului la cultivarea grâului de toamnă (Tabelul 3.2.).

Tabelul 3.2. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” în dependență de premergător, asolament și fertilizare la folosirea No-till și lucrării solului cu grapa cu discuri, media pentru anii 2019-2021

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	Producția medie pentru 3 ani		
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	
				t/ha	%
7	Porumb pentru boabe*	Nefertilizat	3,02	-	-
3	Porumb pentru boabe*	Gunoi de grajd+NPK	3,08	+0,06	2,0
2	Mazăre pentru boabe**	Gunoi de grajd+NPK	4,10		
4	Porumb pentru boabe*	Gunoi de grajd+NPK	3,05		
5	Porumb pentru boabe*	Gunoi de grajd+NPK	3,20		
8	Amestec de mazărice + ovăz pentru masă verde**	Gunoi de grajd+NPK	3,43		
Dl ₀₅			0,12		

*Adnotare: * Fără lucrarea solului*

*** Grapa cu discuri (o singură trecere după recoltarea culturii premergătoare)*

Astfel, nivelul de producție maxim a fost atins pe varianta după mazăre la boabe (Asol. 2), alcătuind – 4,10 t/ha.

O producție mai înaltă a fost obținută și în cazul amplasării grâului de toamnă după amestec de mazărice de primăvară + ovăz la masă verde (Asol. 8), constituind – 3,43 t/ha.

La amplasarea grâului de toamnă după porumb pentru boabe, pe fond nefertilizat producția a constituit – 3,02 t/ha.

Sporul de producție de la fertilizare la amplasarea grâului de toamnă după același premergător a fost nesemnificativ – 0,06 t/ha.

Rezultatele privind producția grâului de toamnă cultivat după premergători timpurii în diferite asolamente sunt prezentate în Tabelul 3.3.

Tabelul 3.3. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” cultivat după premergători timpurii, pentru anii 2019-2021, t/ha și %

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	2019		2020		2021	
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %
7	Măzăriche de primăvară + ovăz (la masă verde)	Nefertilizat	3,14	-	3,14	-	4,42	-
3	Măzăriche de primăvară + ovăz (pentru masă verde)	Fertilizat	3,86	+0,72/22,9	3,44	+0,30/9,6	3,75	-0,67/-15,2
1	Porumb pentru siloz	Fertilizat	3,94		2,50		4,73	
2	Ogor negru	Fertilizat	3,87		4,16		4,75	
4	Măzăriche de toamnă + secară pentru (masă verde)	Fertilizat	3,86		2,92		3,82	
5	Lucerna anul 3 de viață (după prima coasă)	Fertilizat	4,07		3,04		3,82	
6	Lucerna+ reigras, anul 3 de viață (după prima coasă)	Fertilizat	4,06		3,92		3,82	
8	Mazăre pentru boabe	Fertilizat	3,85		3,81		4,68	
Dl ₀₅			0,10		0,09		0,17	

La amplasarea grâului de toamnă după borceag de primăvară, pe fond nefertilizat, producția grâului de toamnă în 2019 a constituit 3,14 t/ha. Fertilizarea a asigurat un spor de producție de – 0,72 t/ha sau 22,9%. Fertilizarea grâului de toamnă la amplasarea lui după alți premergători fertilizați în cadrul rotației culturilor a fost la nivelul fondului fertilizat după borceag de primăvară (Asol. 7).

Influența asolamentului și fertilizării solului pe fond fertilizat nu a fost semnificativă. Astfel, diferența dintre variantele studiate pe fond fertilizat a oscilat în limita greșelii experienței.

În condițiile anului secetos 2020, producția grâului de toamnă după borceag de primăvară, pe fond nefertilizat, a constituit 3,14 t/ha (Asol. 7).

Sporul de producție de la fertilizare (în Asol. 3) a alcătuit doar - 0,30 t/ha sau 9,6%.

Premergătorul în condițiile unui an secetos joacă un rol deosebit de important. Astfel, la amplasarea grâului de toamnă după porumb pentru siloz nivelul de producție a alcătuit doar 2,50 t/ha, marcând valori mai mici decât martorul. La cultivarea grâului de toamnă după lucernă producția grâului de toamnă a fost mai mică după lucernă în amestec cu reigras. Acest lucru va fi confirmat ulterior prin rezerva mai mare de apă în asolamentul N6 comparativ cu asolamentul N5 ca rezultat a unei structuri mai pronunțate a solului. Producția obținută după lucernă în amestec cu reigras, anul 3 de viață după prima coasă, este la nivel cu producția obținută după mazăre la boabe (Asol. 8).

Fertilizarea a contribuit la creșterea abundentă a biomasei aeriene a plantelor din cauza precipitațiilor căzute, suma cărora a depășit în majoritatea lunilor suma medie multianuală, ceea ce n-a contribuit la majorarea nivelului de producție din cauza păturirii (Fig. 3.1.).

Fertilizarea a contribuit la reducerea semnificativă a nivelului de producție în raport cu fondul nefertilizat. În condiții cu exces de umiditate, prioritate au asigurat variantele cu un agrofond mai sărac cum ar fi cel după ogor negru (Asol. 2) și porumb pentru siloz (Asol. 1). Aici, producția grâului de toamnă a constituit – 4,73 t/ha, și respectiv – 4,75 t/ha.

Asolamentele 4 (cu ierburi anuale), 5 și 6 (cu ierburi perene) au redus randamentul din cauza păturirii, analogic Asol. 3.



Fig. 3.1. Păturirea grâului de toamnă (Sursa: foto autor)

O excepție în acest sens a prezentat. 8, având mazărea ca premergător, unde plantele au fost supuse mai puțin păturirii.

Analiza datelor privind producția medie a grâului de toamnă timp de 3 ani (2019-2021) în asolament, după diferiți premurgători cu termen timpuriu de recoltare, este prezentată în Tabelul 3.4.

Tabelul 3.4. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” în dependență de premurgător, asolament și fertilizare, media pentru anii 2019-2021

Asolament	Premurgător	Fond de fertilizare	Producția medie pentru 3 ani		
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	
7	Amestec de mazărice + Ovăz, la masă verde	Nefertilizat	3,57		
3	Măzărice de primăvară + Ovăz, masă verde	Gunoi de grajd+NPK	3,68	+0,11	3,08
1	Porumb pentru siloz	Gunoi de grajd+NPK	3,72		
2	Ogor negru	Gunoi de grajd+NPK	4,26		
4	Măzărice de toamnă + Secară, masă verde	Gunoi de grajd+NPK	3,53		
5	Lucerna anul 3 de viață, după prima coasă	Gunoi de grajd+NPK	3,64		
6	Amestec de lucernă + reigras, anul 3 de viață, masă verde	Gunoi de grajd+NPK	3,93		
8	Mazăre la boabe	Gunoi de grajd+NPK	4,11		
DI ₀₅			0,12		

Producția grâului de toamnă, în medie pe 3 ani, după premurgători timpurii, pe fond nefertilizat a constituit 3,57 t/ha. Folosirea fertilizanților minerali după același premurgător n-a contribuit la majorarea semnificativă a nivelului de producție – 3,68 t/ha (Tabelul 3.4.). Producția medie de boabe crește semnificativ la cultivarea grâului de toamnă în asolament după ogor negru, pe fond fertilizat (Asol. 2). La același nivel se află și producția grâului de toamnă după mazăre la boabe (Asol. 8).

Producția grâului de toamnă cultivat după porumb pentru siloz este prezentată în Tabelul 3.5.

Tabelul 3.5. Producția grâului de toamnă soiul „Vestitor” cultivat în asolament, după porumb pentru siloz, pentru anii 2019-2021

Asolament	Premurgător	Fond de fertilizare	2019		2020		2021	
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %
7	Porumb pentru siloz	Nefertilizat	2,79	-	1,84	-	3,98	-
3		Fertilizat	3,82	+1,03/36,9	2,10	+0,26/14,1	3,71	-0,27/-6,8
1		Fertilizat	3,81		2,28		3,69	
2		Fertilizat	3,56		3,85		3,25	
4		Fertilizat	3,91		2,52		3,05	

Continuarea tabelului 3.5.

5	Porumb la siloz	Fertilizat	4,06		2,62		3,84	
6		Fertilizat	3,79		2,54		3,16	
8		Fertilizat	3,93		3,53		2,72	
Dl ₀₅			0,07		0,08		0,15	

Producția pe martorul nefertilizat (Asol. 7) a constituit în 2019 – 2,79 t/ha. Sporul de producție de la fertilizare a constituit în Asol. 3 - 1,03 t/ha sau 36,9%. În condiții de deficit de umiditate efectul îngrășămintelor se reduce considerabil, similar ca și în cazul excesului de precipitații, când producția grâului de toamnă este puternic influențată de păturirea excesivă a plantelor. Drept argument servesc datele obținute în anul 2021, când producția grâului de toamnă în 3 (fond fertilizat) a constituit – 3,71 t/ha, fiind cu 0,27 t/ha sau 6,8% mai redusă comparativ cu cea obținută în Asol. 7 (fond nefertilizat).

La amplasarea grâului de toamnă după porumb pentru siloz (media pe 3 ani), reacția la fertilizare a fost nesemnificativă (Tabelul 3.6.). Astfel, producția medie de boabe pentru 3 ani de studiu a alcătuit – 3,21 t/ha (Asol. 3), cu 0,34 t/ha sau 11,8 % mai mult decât pe varianta fără fertilizare (Asol. 7). În general, producția de boabe pe fond fertilizat în diferite asolamente variază între 3,16 – 3,55 t/ha.

Tabelul 3.6. Producția grâului de toamnă (soiul „Vestitor”), semănat după porumb pentru siloz, în dependență de asolament și fertilizare, media pentru anii 2019-2021

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	Producția medie pentru 3 ani	
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %
7	Porumb pentru siloz	Nefertilizat	2,87	-
3		Gunoii de grajd+NPK	3,21	+0,34/11,8
1		Gunoii de grajd+NPK	3,26	
2		Gunoii de grajd+NPK	3,55	
4		Gunoii de grajd+NPK	3,16	
5		Gunoii de grajd+NPK	3,50	
6		Gunoii de grajd+NPK	3,16	
8		Gunoii de grajd+NPK	3,39	
Dl ₀₅			0,10	

Un spor mai mare de producție a fost obținut în cadrul asolamentului 2, 5 și 8. Grâul de toamnă cultivat în cultură permanentă manifestă o reacție similară la fertilizare ca și în cazul asolamentului, în special la amplasarea lui după premurgători târzii (Tabelul 3.7.).

Tabelul 3.7. Producția grâului de toamnă cultivat în cultură permanentă (2019-2021, t/ha)

Fond de fertilizare	Anii			Media pentru 3 ani
	2019	2020	2021	
Nefertilizat	1,62	1,70	2,87	2,06
Fertilizat	2,51	1,60	2,14	2,08
Sporul de producție de la fertilizare, t/ha și %	0,89	-10,0	-0,73	0,02

La fel ca și în cazul asolamentului, efectul fertilizării este semnificativ în condiții climaterice favorabile (2019). În lipsa precipitațiilor efectul îngrășămintelor se reduce brusc, indicând ba chiar valori negative. Totodată, excesul de precipitații căzute pe fondul fertilizat duce la o scădere drastică a randamentului.

Producția medie obținută timp de trei la grâul de toamnă, cultivat în cultura permanentă, indică la un spor nesemnificativ al randamentului pe fond fertilizat în raport cu fondul nefertilizat.

Producția grâului de toamnă cultivat a fost preponderent determinată de condițiile climaterice din anii de studii, fiind considerabil mai mare în anul 2021 cu abundență de precipitații comparativ cu anii 2019 și 2020 (Tabelul 3.8.).

Tabelul 3.8. Producția grâului de toamnă, soiul „Vestitor”, după porumb pentru boabe la aplicarea sistemului de lucrare zero a solului pentru anii 2019-2021

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	2019		2020		2021		Media 2019-2020	
			t/ha	±	t/ha	±	t/ha	±	t/ha	±
7	Porumb pentru boabe	Nefertilizat	1,84	-	1,83	-	5,39	-	3,02	-
3		Fertilizat	2,47	+0,63/ 34,0	2,19	+0,36/ 20,0	4,58	-0,81/ -15,0	3,08	+0,06
1		Fertilizat	2,53		2,31		4,66		3,17	
4		Fertilizat	2,57		2,52		4,05		3,05	
5		Fertilizat	2,54		2,61		4,86		3,20	

În anul 2019 sporul de la fertilizare a fost considerabil. Această afirmație vine de la compararea producției de grâu de toamnă în asolamentele N7 și N3 (fond nefertilizat și fertilizat, corespunzător). Concomitent, impactul asolamentului pe fond fertilizat poate fi apreciat la compararea producției de grâu de toamnă în asolamentul N3 cu producția obținută în celelalte asolamente. Este evident că producția în toate aceste asolamente este aceeași.

În anul 2020 se evidențiază asolamentele N4 și N5, unde sporul de producție comparativ cu asolamentul N3, pe același fond de lucrare a solului, constituie 0,33 – 0,42 t/ha. Probabil acest spor de producție se datorează unei rezerve de apă mai mare în straturile mai adânci ale solului.

În anul 2021 producția de boabe obținută în Asol. 3, pe fond fertilizat, la fel nu diferă considerabil de celelalte asolamente, cu excepția asolamentului N4, care a suferit cel mai mult din cauza păturirii.

Datele privind producția medie pentru 3 ani nu înregistrează devieri semnificative. Prin urmare, producția medie variază între 3,02 și 3,20 t/ha, atingând valoarea maximă în asolament cu ierburi perene.

3.2. Producția orzului de toamnă, soiul „Scânteia”, în experiența de câmp de lungă durată pe asolamente și în cultura permanentă

Producția orzului de toamnă obținută în experiența de câmp de lungă durată pe asolamente exprimată în t/ha, este prezentată în Tabelul 3.9.

Tabelul 3.9. Producția orzului de toamnă, soiul „Scânteia”, în dependență de premergător, asolament și fertilizare la folosirea lucrării zero și lucrării solului cu grapa cu discuri, pentru anii 2019-2021

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	2019		2020		2021	
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %	t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %
7	Porumb pentru boabe*	Nefertilizat	1,68	-	1,71	-	4,05	-
3	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,95	2,27/135	3,08	1,37/80	3,08	-23,9/24,0
1	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,87	2,19/130,4	2,77	1,06/62,0	3,89	-0,16/-4,0
2	Mazăre pentru boabe**	Fertilizat	3,88	2,20/131	4,14	2,43/142	4,36	0,31/7,65
4	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,89	2,21/132	3,03	1,32/77	2,89	-1,16/-28,6
5	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,80	2,12/126	2,97	1,26/74	3,03	-1,02/-25,2
8	Amestec de **măzăriche + ovăz pentru masă verde	Fertilizat	4,03	2,35/140	4,57	2,86/167	2,75	-1,3/-32,1
Dl ₀₅		Fertilizat	0,07		0,12		0,10	

Adnotare: * Fără lucrarea solului

** Grapa cu discuri (o singură trecere după recoltarea culturii premurgătoare)

Orzul de toamnă reacționează mai accentuat la fertilizare comparativ cu grâul de toamnă. În an favorabil sporul de producție de la fertilizare a constituit – 2,27 t/ha sau 135%, comparativ cu fondul nefertilizat. Totodată, reacția la premurgător în astfel de condiții este nesemnificativă.

Sporul de la fertilizare în condiții de secetă a constituit 1,37 t/ha sau 80%. Sporul de producție rămâne același pe fond fertilizat la amplasarea orzului de toamnă după același premergător, adică după porumb pentru boabe, dar crește considerabil la amplasarea orzului de toamnă după mazăre la boabe și borceag de primăvară – 2,43 (142%) și 2,86 t/ha (167%), corespunzător.

În anul cu exces de precipitații fertilizarea la fel ca și în cazul grâului de toamnă a contribuit la reducerea nivelului de producție din cauza păturirii excesive. Producția maximă pentru 2021 a fost obținută doar pe varianta după mazăre – 4,36 t/ha, depășind nesemnificativ martorul fără fertilizare. Restul variantelor indică valori negative în raport cu martorul, în deosebi la amplasarea orzului de toamnă în asolamentele N4, N5 și N8. Practicarea sistemului de lucrare zero a solului nu conduce la reducerea nivelului de producție.

Datele privind producția medie pentru 3 ani a orzului de toamnă, soiul „Scînteia”, cultivat în asolamente după diferiți premergători sunt prezentate în Tabelul 3.10.

Tabelul 3.10. Producția orzului de toamnă, soiul „Scînteia”, în dependență de premergător, asolament și fertilizare la folosirea semănatului direct, media pentru anii 2019-2021

Asolament	Premergător	Fond de fertilizare	Producția medie pentru 3 ani	
			t/ha	Sporul de la fertilizare t/ha și %
7	Porumb pentru boabe*	Nefertilizat	2,49	-
3	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,37	+0,88/35,3
1	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,51	
2	Mazăre pentru boabe**	Fertilizat	4,12	
4	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,27	
5	Porumb pentru boabe*	Fertilizat	3,27	
8	Amestec de mazărice + ovăz pentru masa verde**	Fertilizat	3,78	
DI ₀₅			0,10	

Adnotare: * Fără lucrarea solului

** Grapa cu discuri (o singură trecere după recoltarea culturii premergătoare)

Producția medie timp de 3 ani indică reacția pronunțată a orzului de toamnă la fertilizare. Au fost comparate două asolamente cu aceeași structură de însemînțare a culturilor Asol. 7 (fond nefertilizat) și Asol. 3 (fond fertilizat). Sporul de producție de la fertilizare constituie – 0,88 t/ha sau 35,3%, ceea ce constituie o creștere semnificativă față de fondul nefertilizat.

Cel mai înalt nivel de producție a fost obținut pe fond fertilizat în asolamentele N2 (după mazăre la boabe) și N8 (după borceag de primăvară). Astfel, aplicarea după premergător târziu a semănatului direct nu este capabil să compenseze pierderea nivelului de producție obținut după premergătorii timpurii. Ulterior vom analiza acumularea apei în sol după diferiți premergători, inclusiv cu aplicarea semănatului direct.

În cazul orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe, nu au fost observate diferențe semnificative dintre asolamentele studiate, pe fond fertilizat.

Orzul de toamnă reacționează pronunțat la fertilizare indiferent de condițiile anului, la amplasarea lui în cultura permanentă (Tabelul 3.11.).

Tabelul 3.11. Producția orzului de toamnă, soiul „Scînteia” cultivat în cultura permanentă, anii 2019-2021

Fondul de fertilizare	Anii			Media pentru 3 ani
	2019	2020	2021	
Nefertilizat	0,52	1,97	2,30	1,60
Fertilizat	1,73	3,38	2,71	2,61
Sporul de producție de la fertilizare, t/ha și %	1,21/232,7	1,41/71,6	0,41/17,8	1,01/107,4

Sporul de producție de la fertilizare a variat între - 0,41 t/ha sau 17,8% și respectiv – 1,21 t/ha sau 232,7% în dependență de condițiile anului.

În medie pentru 3 ani sporul de producție de la fertilizare a constituit – 1,01 t/ha sau 107,4%. Datele obținute mărturisesc despre faptul că orzul de toamnă cultivat în asolament reacționează mult mai puțin la fertilizare decât în cazul cultivării lui în cultură permanentă.

Efectul asolamentului a fost determinat calculând diferența dintre producția obținută în asolament pe fond fertilizat și nefertilizat și cea obținută în cultura permanentă (Tabelul 3.12.).

Tabelul 3.12. Efectul asolamentului la cultivarea orzului de toamnă folosind sistemul No-till, după porumb pentru boabe, media pentru anii 2019-2021, t/ha și %

Varianta	Fondul de fertilizare		Efectul fertilizării
	Nefertilizat	Fertilizat	
Asolament	2,49	3,37	+0,88/35,3
Cultura permanentă	1,60	2,61	+1,01/63,1
Efectul asolamentului	+0,89/55,6	+0,76/29,1	

Prin analiza producției medii pentru 3 ani la orzul de toamnă cultivat în asolament după porumb pentru boabe și în cultura permanentă s-a constatat că efectul asolamentului a fost mai mare la cultivarea lui pe fond nefertilizat, unde acesta a alcătuit – 55,6% comparativ cu fondul fertilizat, care a constituit – 29,1%.

Fertilizarea are un efect considerabil mai mare asupra producției orzului de toamnă în cazul culturii permanente comparativ cu asolamentul. Sporul de producție de la fertilizare în cultura permanentă a constituit +1,01 t/ha sau 63,1%, pe când folosirea fertilizării la cultivarea orzului de toamnă în asolament a asigurat un spor de producție de doar – 0,88 t/ha sau 35,3%.

3.3. Influența diferitor doze de resturi vegetale la cultivarea orzului de toamnă semănat după porumb boabe, pe diferite fonduri de fertilizare, în lipsa mijloacelor chimice de combatere a bolilor, dăunătorilor și buruienilor.

În experiența 2 (pe agricultură ecologică) cu studierea resturilor vegetale în fiecare toamnă au fost modelate parcele cu aplicarea diferitor doze de resturi vegetale, pe diferite fonduri de fertilizare în asolament cu amestec ierburi leguminoase și graminee.

În experiență nu au fost aplicate mijloace chimice în vederea combaterii bolilor, dăunătorilor și buruienilor.

Pe fondul nefertilizat nu sunt observate diferențe semnificative în dependență de doza de resturi vegetale aplicată în condițiile anului agricol 2018-2019. Efectul resturilor vegetale aplicate la suprafața solului apare pe fondul fertilizat (Tabelul 3.13.).

Tabelul 3.13. Producția orzului de toamnă semănat direct (No-till) după porumb pentru boabe în dependență de doza de resturi vegetale aplicată și fondul de fertilizare, pentru anii 2019-2021

Fondul de fertilizare	Doza de resturi vegetale	Producția pe ani, t/ha		
		2019	2020	2021
Nefertilizat	a	1,30	2,18	4,87
	b	1,44	1,58	2,77
	c	1,49	1,29	2,88
	d	1,29	0,92	3,14
Gunoi de grajd	a	2,50	1,98	2,88
	b	3,01	2,75	2,57
	c	2,41	2,14	2,87
	d	2,49	2,36	2,42
Gunoi de grajd + PK	a	3,04	2,64	3,05
	b	3,87	2,62	4,87
	c	3,01	2,60	2,77
	d	2,89	2,63	2,88
Gunoi de grajd + NPK	a	2,82	1,84	3,14
	b	3,33	2,42	2,88
	c	3,46	2,97	2,57
	d	2,56	2,26	2,87
DI ₀₅		0,17	0,12	0,12

Adnotare: a) 0 fără resturi vegetale b) 1 doză de resturi vegetale c) 2 doze de resturi vegetale d) 3 doze de resturi vegetale

Diferențe semnificative au fost observate în special la aplicarea unei singure doze de resturi vegetale de porumb, excepție făcând doar varianta cu folosirea suplimentară a azotului din îngrășăminte minerale pe fondul celor organice.

În condiții de secetă resturile vegetale au un efect negativ asupra nivelului de producție pe fond nefertilizat, contribuind la reducerea producției de boabe odată cu creșterea cantității de

resturi vegetale lăstate la suprafața solului. Acest lucru este condiționat de răsărirea mai slabă a plantelor pe această variantă.

Pe fond cu îngrășăminte organice doza optimă de resturi vegetale care a asigurat producția maximă a fost de – 9,7 t/ha. În cazul aplicării directe a îngrășămintelor minerale pe fondul celor organice efectul resturilor vegetale a fost observat la folosirea a 1 și 2 doze de resturi vegetale pe variata cu azot. Aici producția a constituit – 2,42 și 2,97 t/ha.

În anul 2021 cantitatea de precipitații căzute către momentul recoltării a dus la pătulirea plantelor ceea ce a condiționat aprecierea dificilă a efectului resturilor vegetale.

Aici cele mai bune rezultate au arătat variantele fără resturi vegetale cât și folosirea unei singure doze de resturi.

În urma analizei rezultatelor obținute au fost evidențiate dozele optime de resturi vegetale lăstate la suprafața solului, care au contribuit la formarea nivelului maxim de producție în dependență de fondul de fertilizare (Fig. 3.1.).

În lipsa fertilizării folosirea resturilor vegetale s-a dovedit a fi neeficientă contribuind la reducerea nivelului de producție odată cu creșterea cantității acestora. Pe variantele cu fertilizare atât organică cât și organo-minerală folosirea unei singure doze de resturi (5,7 t/ha) s-a dovedit a fi mai eficientă în majoritatea cazurilor.

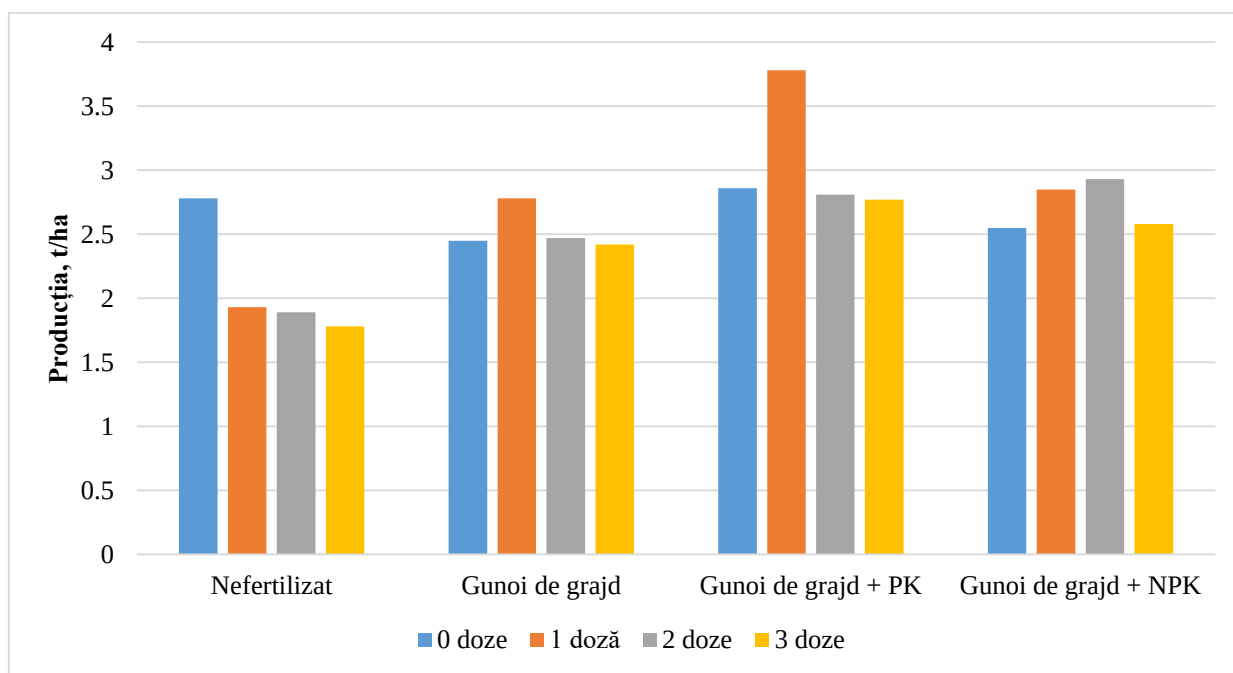


Fig. 3.2. Producția orzului de toamnă în dependență de fertilizare și doza de resturi aplicată, media pentru 3 ani

Producția orzului de toamnă semănat direct (No-till), după porumb pentru boabe variază semnificativ în funcție de fertilizare, dar în măsură mai mică în dependență de asolament (Tabelul 3.14.).

Tabelul 3.14. Producția orzului de toamnă în dependență de asolament și fertilizare, anii 2019-2021, t/ha

Fondul de fertilizare	Asolament	Anii			Media pentru 3 ani
		2019	2020	2021	
Nefertilizat	Fără ierburi perene	1,59	1,60	3,46	2,21
	Cu ierburi perene	1,45	1,56	3,94	2,32
Gunoi de grajd	Fără ierburi perene	2,25	2,58	3,62	2,82
	Cu ierburi perene	3,55	2,19	3,63	3,12
Gunoi de grajd + PK	Fără ierburi perene	3,24	3,06	3,23	3,18
	Cu ierburi perene	3,21	2,76	3,56	3,18
Gunoi de grajd + NPK	Fără ierburi perene	3,51	2,24	2,88	2,88
	Cu ierburi perene	3,53	2,66	2,68	2,96
DL ₀₅ , t/ha		0,10	0,09	0,13	

Sporul de producție de la fertilizare este observat pe toate variantele studiate, indiferent de asolament și anul de studiu. Totuși, efectul fertilizării este considerabil mai mare în anii cu condiții optime.

În anul secetos 2020 efectul fertilizării se reduce, iar nivelul de producție de boabe pe fond nefertilizat nu a suferit modificări față de anul precedent. În condiții cu exces de umiditate (anul 2021), fertilizarea nu a contribuit la majorarea nivelului de producție, ba chiar din contra a dus la diminuarea acestuia, îngrășămintele cu azot manifestând un efect negativ asupra producției de orz de toamnă.

Reacția orzului de toamnă la asolamentul cu ierburi perene a fost observată practic pe toate fondurile de fertilizare, însă aceasta este nesemnificativă, sporul de producție variind între 0,08 și 0,11 t/ha (Tabelul 3.15.).

Tabelul 3.15. Producția orzului de toamnă în dependență de asolament și sistemul de fertilizare, media pentru 2019-2021

Fondul de fertilizare	Asolament	Producția, t/ha	± de la asolament, t/ha	± de la fertilizare, t/ha	± de la aplicare îngrășămintelor cu azot, t/ha
Nefertilizat	Cu ierburi anuale	2,21	-	-	-
	Cu ierburi perene	2,32	+0,11	-	-
Gunoi de grajd	Cu ierburi anuale	2,82	-	+0,61	-
	Cu ierburi perene	3,12	+0,30	+0,80	-
Gunoi de grajd + PK	Cu ierburi anuale	3,18	-	+0,97	-
	Cu ierburi perene	3,18	0	+0,86	-
Gunoi de grajd + NPK	Cu ierburi anuale	2,88	-	+0,67	-0,30
	Cu ierburi perene	2,96	+0,08	+0,64	-0,22

Media pentru 3 ani scoate în evidență influența fertilizării, în special, variantele cu gunoi de grajd și gunoi de grajd + PK. Aici, producția de boabe a variat între – 3,12 t/ha și respectiv - 3,18 t/ha. Prin urmare, sporul față de martorul nefertilizat a constituit - +0,61...+0,97 t/ha.

Aplicarea suplimentară a îngrășămintelor cu azot pe fondul celor organice a dus la reducerea nivelului de producție comparativ cu varianta PK și cea cu gunoi de grajd.

Concluzii la Capitolul 3:

1. Grâul de toamnă amplasat după premergători timpurii în asolament asigură un spor semnificativ de producție comparativ cu premergătorii cu termen de recoltare târzie (porumb pentru boabe). În medie pentru anii 2019-2021, producția grâului de toamnă după mazăre la boabe și borceag de primăvară a constituit 3,43 și 4,10 t/ha corespunzător, iar după porumb pentru boabe în dependență de asolament, pe fond fertilizat de la 3,08 până la 3,20 t/ha.

Sporul de producție de la amplasarea grâului de toamnă crește considerabil în anii secetoși (2020) la amplasarea culturii după premergători timpurii comparativ cu premergătorii târzii.

2. Efectul asolamentului este considerabil mai mare decât efectul fertilizării solului, în special la amplasarea grâului de toamnă după premergătorii timpurii.

3. Efectul fertilizării la cultivarea grâului de toamnă se obține doar în anii cu condiții meteo favorabile. În anii secetoși îngrășămintele minerale nu sunt efective, dar din contra au un impact negativ asupra producției, iar în anii cu exces de umiditate ele cauzează pătulirea plantelor cu reducerea nivelului de producție.

4. Orzul de toamnă spre deosebire de grâul de toamnă reacționează mai mult la fertilizare și mai puțin la premergător. În anul secetos, sporul de producție la orzul de toamnă crește considerabil la amplasarea culturii după premergători cu termen de recoltare timpurie comparativ cu premergătorii cu termen de recoltare târzie.

5. Efectul asolamentului la cultura orzului de toamnă scade considerabil pe fond nefertilizat. Astfel, în medie pentru anii 2019-2021, efectul asolamentului a constituit pe fond nefertilizat – (+0,89 t/ha/55,6%), iar pe fond fertilizat – (+0,76 t/ha/29,1%).

Efectul fertilizării solului este mai înalt în cultura permanentă comparativ cu asolamentul.

6. Aplicarea resturilor vegetale de porumb sub cultura orzului de toamnă nu contribuie la majorarea nivelului de producție pe fond nefertilizat.

7. Pe fond fertilizat aplicarea unei singure doze de resturi vegetale de porumb (5,7 t/ha) a asigurat obținerea unei producții mai înalte de boabe de orz de toamnă.

8. Sporul de producție de la fertilizare la cultivarea orzului de toamnă după porumb pentru boabe depășește semnificativ sporul asigurat de prezența ierburilor perene în asolament, în special în anii favorabili.

4. INFLUENȚA SISTEMULUI CONSERVATIV DE LUCRARE A SOLULUI ASUPRA REZERVELOR DE APĂ ACCESIBILĂ DIN SOL

4.1. Posibilități de acumulare a apei în sol în dependență de premergător și metoda de lucrare a solului

Pentru a monitoriza rezerva de apă accesibilă în sol au fost prelevate probe de sol până la adâncimea de 2 metri. Acestea au fost colectate în 3 perioade, respectiv – după semănat (toamna); la reînceperea vegetației (primăvara devreme); după recoltare (vara). Prelevarea probelor de sol a fost efectuată conform metodologiei prezentate în Tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Metodologia de prelevare a probelor de sol, cm

Stratul de sol 0-100 cm	Stratul de sol 100-200 cm
0-10	100-120
10-20	
20-30	
30-40	120-140
40-50	
50-60	
60-70	140-160
70-80	
80-90	
90-100	160-180
	180-200

Umiditatea solului a fost determinată după metoda gravimetrică [114]. La determinarea rezervei de apă accesibilă din sol a fost utilizată densitatea aparentă a solului și coeficientul de ofilire caracteristice fiecărui strat de sol [114].

Analiza datelor privind rezerva inițială de apă accesibilă în sol (mm), indică la impactul substanțial al schimbărilor climatice asupra agriculturii Republicii Moldova (Tabelul 4.2.).

Tabelul 4.2. Rezerva de apă accesibilă în sol toamna la semănatul grâului de toamnă după diferiți premergători și diferite metode de lucrare a solului

Asolament	Premergător	Stratul de sol, cm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm	Ponderea stratului 0- 100 cm, %
		0-100	100-200		
Sub recolta anului 2019					
1	Porumb pentru boabe	66,6	113,5	180,1	37,0
2	Mazăre pentru boabe	118,8	180,9	299,7	396,0
4	Porumb pentru boabe	66,7	88,3	155,0	43,0
5	Porumb pentru boabe	58,3	101,9	160,2	36,4
Sub recolta anului 2020					
1	Porumb pentru boabe	45,2	85,9	131,1	34,5
2	Mazăre pentru boabe	84,4	157,3	241,7	34,9
4	Porumb pentru boabe	67,5	87,5	155,0	43,5
5	Porumb pentru boabe	61,0	71,7	132,7	46,0

Tabelul 4.2. (continuare)

Sub recolta anului 2021					
1	Porumb pentru boabe	75,4	79,7	155,1	48,6
2	Mazăre pentru boabe	91,9	96,4	188,3	48,8
4	Porumb pentru boabe	65,5	85,1	150,6	43,5
5	Porumb pentru boabe	77,6	71,0	148,6	52,2

Indiferent de condițiile anului, care au variat semnificativ de la an la an, deficitul de umiditate în sol este considerabil pentru toate variantele studiate. Astfel, rezerva de apă accesibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm, este una deficitară pentru toți anii incluși în studiu.

Mazărea la boabe, a asigurat acumularea celei mai mari cantități de apă accesibilă în sol, de la recoltarea mazării la boabe până la semănatul grâului de toamnă (iulie-septembrie). Acest lucru se datorează termenului de recoltare devreme al mazării la boabe comparativ cu porumbul la boabe.

Perioada de vegetație a porumbului la boabe este mult mai îndelungată, aceasta încheindu-se în toamnă (septembrie), respectiv plantele de porumb epuizează rezerva de apă acumulată din precipitațiile căzute vara. Cantitatea insuficientă sau lipsa precipitațiilor atmosferice în toamnă, nu asigură formarea unei rezerve optime necesare ulterior grâului de toamnă.

Toamnele secetoase caracteristice zonei respective, contribuie la formarea unui deficit de apă pe întreg profilul 0-200 cm, în cazul premergătorilor târzii. La cultivarea grâului de toamnă după mazăre la boabe, o situație extrem de nefavorabilă poate fi observată după un an secetos (toamna anului 2020). Aici a fost epuizată rezerva de apă din straturile mai adânci ale solului, pentru stratul de sol 100-200 cm, aceasta constituind - 96,4 mm.

În anul secetos 2019-2020 ponderea rezervei de apă în stratul de sol 0-100 cm în totalul rezervei de apă din stratul 0-200 cm a constituit 43,5 și 46,0 %, corespunzător în asolamentele N4 și N5, ceea ce indică la o capacitate mai mare de acumulare a apei în asolamentele cu un nivel de fertilitate mai înalt. Acest indice a alcătuit doar 34,5 și 34,9%, corespunzător în asolamentele N1 și N2.

Lipsa precipitațiilor atmosferice de la începutul anului agricol 2018-2019 nu a asigurat acumularea suficientă a apei în sol, în special în cazul lucernei ca premergător (Asol. 5) (Tabelul 4.3.).

Astfel, deficitul de apă accesibilă în sol pentru această variantă a fost colosal, pentru tot profilul solului 0-200 cm. Aici rezerva totală a constituit doar – 124,1 mm, marcând un deficit de circa 61,2%.

Pe lângă faptul că lucerna a consumat apa chiar și din straturile mai adânci, datorită sistemului său radicular bine dezvoltat, pierderi de umiditate au avut loc inclusiv și în momentul efectuării arăturii, solul fiind expus direct la razele solare, în perioada cu temperaturi excesive. Prin urmare, deficitul de precipitații din toamnă nu a compensat aceste pierderi.

Tabelul 4.3. Rezerva de apă accesibilă în sol toamna la semănatul grâului de toamnă în veriga asolamentului cu premurgători timpurii

Asolament	Premergător	Stratul de sol, cm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm	Ponderea stratului de sol 0-100 cm, %
		0-100	100-200		
Sub recolta anului 2019					
1	Porumb pentru siloz	53,8	112,2	166,0	34,2
2	Ogor negru	85,9	107,8	193,7	44,3
4	Borceag de toamnă	42,7	107,5	150,2	28,4
5	Lucerna anul 3 de viață, după prima coasă	47,9	76,2	124,1	386,4
Sub recolta anului 2020					
1	Porumb pentru siloz	64,6	102,4	167,0	38,7
2	Ogor negru	92,4	179,6	272,0	34,0
4	Borceag de toamnă	57,6	107,8	165,4	34,8
5	Lucerna anul 3 de viață, după prima coasă	81,1	98,0	179,1	45,3
Sub recolta anului 2021					
1	Porumb pentru siloz	108,7	111,0	219,7	49,5
2	Ogor negru	183,4	148,7	332,1	55,2
4	Borceag de toamnă	108,7	98,5	207,2	52,5
5	Lucerna anul 3 de viață, după prima coasă	99,9	55,2	155,1	64,5

Varianta după ogor negru fiind lipsită de vegetație, a păstrat o cantitate mai mare de apă în sol. Astfel, pe această variantă rezerva de apă accesibilă din toamnă a constituit – 193,7 mm, pentru stratul de sol 0-200 cm.

În toamna anului 2019, avantaje prezintă de asemenea varianta după ogor negru, înregistrând o diferență semnificativă pentru ambele straturi de sol (0-100 și 100-200 cm). Pe lângă acest fapt, chiar și pe această variantă, rezerva de umiditate prezintă abateri de la normă. Pricina constă în evaporarea intensă în condițiile unui an secetos și cu temperaturi înalte.

Doar în ultimul an de studiu, varianta după ogor negru reușește să acumuleze o cantitate suficientă de apă, aceasta alcătuind pentru stratul de sol 0-100 cm – 183,4 mm și respectiv – 148,7 mm, pentru stratul de sol 100-200 mm.

Rezerva de apă accesibilă în sol în cazul cultivării grâului de toamnă după porumb pentru siloz a fost una deficitară, indiferent de anii de studiu (Tabelul 4.4.). Astfel, pentru întreg profilul 0-200 cm aceasta a variat între 162,3 mm și 201,3 mm, respectiv deficitul a constituit între 157,7 și 118,7 mm. Totuși, în toamna anului 2018 și respectiv, 2020, rezerva de apă accesibilă din sol a fost mai înaltă în asolamentul ce include ierburi leguminoase perene (Asol. 5).

Tabelul 4.4. Influența asolamentului asupra rezervei de apă accesibilă sub cultura grâului de toamnă, la semănat, cultivat în asolament după porumb pentru siloz

Asolament	Premergător	Stratul de sol, cm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm	Ponderea stratului de sol 0-100 cm, %
		0-100	100-200		
Sub recolta anului 2019					
1	Porumb pentru siloz	73,8	98,9	172,7	42,7
2	Porumb pentru siloz	69,1	105,2	174,3	39,6
4	Porumb pentru siloz	78,6	85,4	163,7	48,0
5	Porumb pentru siloz	77,0	124,3	201,3	38,3
Sub recolta anului 2020					
1	Porumb pentru siloz	55,8	106,5	162,3	34,4
2	Porumb pentru siloz	72,4	123,0	195,4	37,1
4	Porumb pentru siloz	54,0	123,3	177,3	30,5
5	Porumb pentru siloz	60,4	82,1	142,5	42,4
Sub recolta anului 2021					
1	Porumb pentru siloz	92,4	83,8	176,2	52,4
2	Porumb pentru siloz	71,7	79,6	151,3	47,4
4	Porumb pentru siloz	72,9	96,3	169,2	43,0
5	Porumb pentru siloz	99,3	106,1	205,4	48,3

Folosirea sistemului conservativ de lucrare a solului cu zero lucrări, la cultivarea grâului de toamnă după porumb pentru boabe favorizează acumularea apei în sol în Asol. 1, 4 și 5, comparativ cu varianta după mazăre la boabe în Asol. 2 (Tabelul 4.5.).

Ponderea stratului 0-100 cm, în acumularea apei în sol, pe aceste variante constituie - 57,5-65,8 %, în medie pentru 3 ani, și, respectiv, 69,9-88,0 %, în anul secetos 2020 (Tabelul 4.5).

Tabelul 4.5. Acumularea apei în sol în perioada toamnă – iarnă – primăvară sub cultura grâului de toamnă semănat direct (No-till), media pentru anii 2019-2021, mm

Media pentru 3 ani									
Asolament	Rezerva de apă toamna la semănat, mm		Rezerva de apă la reînceperea vegetației, mm		Suma precipitațiilor căzute, mm	Rezerva de apă acumulată în diferite straturi, cm		Ponderea stratului 0-100 cm, %	Apa acumulată din precipitații, %
	0-100	0-200	0-100	0-200		0-100	0-200		
1	62,4	155,4	137,3	274,4	136,6	86,6	119,0	62,9	87,1
2	98,4	243,2	152,9	338,3	136,6	61,9	95,1	57,4	69,6
4	66,6	153,5	162,7	320,8	136,6	114,6	167,2	57,5	100
5	65,6	147,2	152,3	279,0	136,6	104,6	131,8	65,8	96,5
În anul secetos 2020									
1	45,2	131,1	96,6	189,5	76,5	51,4	58,4	88,0	76,3
2	84,4	241,7	124,3	293,5	76,5	39,9	51,8	77,0	67,7
4	67,5	155,0	126,9	221,8	76,5	59,4	66,8	88,9	87,3
5	61,0	132,7	112,0	205,7	76,5	51,0	73,0	69,9	95,4

De asemenea, datele experimentale mărturisesc despre capacitatea mai înaltă de acumulare a apei în sol din precipitații folosind sistemul conservativ de lucrare a solului cu zero lucrări, cu resturi vegetale, comparativ cu lucrarea solului cu grapa cu discuri. Pentru aceste variante, capacitatea de acumulare a apei în sol variază de la 87,1-100%, în medie pe 3 ani, și, respectiv, 76,3-95,4% în anul secetos 2020.

Acumularea apei în sol este de o importanță majoră pentru practicarea agriculturii în Republica Moldova. Această necesitate poate fi explicată prin analiza condițiilor meteorologice ale țării noastre și specificul regiunii.

Analiza datelor, în special, pentru o perioadă îndelungată privind căderea precipitațiilor anuale arată că pe lângă secetele tot mai frecvente cu care ne confruntăm, o problemă nu mai puțin importantă o constituie repartizarea neuniformă a precipitațiilor atmosferice de-a lungul anului, cât și variabilitatea dintre ani. De aici apare necesitatea de a utiliza tehnologii capabile să acumuleze apa și să rețină apa în sol.

În cazul cultivării grâului de toamnă după diferiți premergători acumularea apei în sol este mai mică pe varianta cu ogor negru în calitate de premergător (Tabelul 4.6.).

Restul variantelor nu s-au evidențiat prin diferențe semnificative între ele. Astfel, cantitatea de apă acumulată în cadrul asolamentului 1, 4 și 5 în medie pentru 3 ani (perioada toamnă – iarnă – primăvară), a variat între 127,3 mm și 136,3 mm, versus 71,8 în cazul Asol. 2. Pentru anul secetos 2020 este caracteristică aceeași legătură.

Ponderea stratului 0-100 cm în acumularea apei în sol este aproximativ egală în medie pentru 3 ani. Aceasta însă înregistrează diferențe semnificative în anul secetos 2020, ponderea primului strat de sol constituind 100%, în cazul ogorului negru.

Tabelul 4.6. Acumularea apei în sol în perioada toamnă – iarnă – primăvară sub cultura grâului de toamnă semănat după diferiți premergători, media pentru anii 2019-2021, mm

Media pentru 3 ani									
Asolament	Rezerva de apă toamna la semănat, mm		Rezerva de apă la reînceperea vegetației, mm		Suma precipitațiilor căzute, mm	Rezerva de apă acumulată în diferite straturi, cm		Ponderea stratului 0-100 cm, %	Apa acumulată din precipitații, %
	0-100	0-200	0-100	0-200		0-100	0-200		
1	75,7	184,2	152,5	320,5	136,6	76,8	136,3	56,4	99,7
2	120,6	265,9	160,3	337,7	136,6	39,8	71,8	55,4	52,5
4	69,7	174,3	151,3	301,6	136,6	81,6	127,3	64,1	93,2
5	76,3	152,8	156,1	285,5	136,6	79,8	132,8	60,1	97,2
În anul secetos 2020									
1	64,6	167	138,9	301,2	76,5	74,3	134,2	55,4	100,0
2	92,4	272	161,6	327,9	76,5	69,2	55,9	100,0	73,07
4	57,6	165,4	141,2	275,5	76,5	83,6	110,1	75,9	100,0
5	81,1	179,1	157,6	301,4	76,5	76,5	122,3	62,6	100,0

Varianța după ogor negru indică un procent mai mic de acumulare a apei din precipitațiile atmosferice, acesta alcătuind doar 52,5%.

La cultivarea grâului de toamnă după porumb pentru siloz în asolament cu ierburi perene (Asol. 5) se observă o cantitate mai mică de apă în sol, comparativ cu restul variantelor studiate (Tabelul 4.7.). Aici cantitatea de apă acumulată în sol a alcătuit 102,7 mm, constituind 75,1% din precipitațiile căzute. Totodată se observă că apa se acumulează preponderent în primul strat 0-100 cm.

Tabelul 4.7. Acumularea apei în sol în perioada toamnă – iarnă – primăvară sub cultura grâului de toamnă semănat după porumb pentru siloz, media pentru anii 2019-2021, mm

Media pentru 3 ani									
Asolament	Rezerva de apă toamna la semănat, mm		Rezerva de apă la reînceperea vegetației, mm		Suma precipitațiilor căzute, mm	Rezerva de apă acumulată în diferite straturi, cm		Ponderea stratului 0-100 cm, %	Apa acumulată din precipitații, %
	0-100	0-200	0-100	0-200		0-100	0-200		
1	74,0	170,4	165,6	304,7	136,6	91,6	134,3	68,2	98,3
2	71,1	173,7	170,8	313,0	136,6	99,8	139,3	71,6	100,0
4	68,5	170,1	166,7	308,1	136,6	98,2	138,0	71,2	100,0
4	78,9	183,1	152,7	285,7	136,6	73,8	102,7	71,9	75,1
În anul secetos 2020									

Tabelul 4.7. (continuare)

1	55,8	162,3	157	299	76,5	101,2	136,7	74,0	100,0
2	72,4	195,4	174	328,3	76,5	101,6	132,9	76,4	100,0
5	54	177,3	143,6	285,5	76,5	89,6	108,2	82,8	100,0
4	60,4	142,5	127,7	241,2	76,5	67,3	98,7	68,2	100,0

4.2. Influența fertilizării, asolamentului și resturilor vegetale asupra proprietăților agrofizice ale solului la cultivarea orzului de toamnă folosind semănatul direct

Datele privind rezerva de apă accesibilă în sol toamna (anul 2018), nu au prezentat diferențe semnificative între variantele studiate (Tabelul 4.8.). Aceasta însă a fost una deficitară, variind între 151,3 mm și 163,6 mm, în stratul de sol 0-200 cm, fără diferențe esențiale dintre asolamente. O diferență nesemnificativă a fost înregistrată doar pe fondul postacțiunii fertilizării.

Tabelul 4.8. Rezerva de apă a accesibilă în sol toamna după semănatul orzului de toamnă, sub recolta anului 2019

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă, mm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm
		Stratul de sol 0-100 cm	Stratul de sol 100-200 cm	
Nefertilizat	Cu ierburi perene	55,9	107,5	163,4
	Cu ierburi anuale	63,0	100,6	163,6
Fertilizat	Cu ierburi perene	66,0	89,2	155,1
	Cu ierburi anuale	64,0	87,3	151,3

Pe fond nefertilizat rezerva de apă accesibilă în sol toamna, a fost puțin mai înaltă comparativ cu fondul fertilizat, diferențe fiind observate, în special, în straturile mai adânci ale solului. Acest lucru este cauzat de nivelul mai redus de producție în cazul culturii premergătoare pe fondul fără fertilizare în raport cu fondul fertilizat.

În toamna anului 2019, deficitul de umiditate în sol a fost colosal ca urmare a lipsei totale a precipitațiilor în această perioadă (Tabelul 4.9.) . Rezerva de apă accesibilă în sol pentru stratul de 0-200 cm a constituit 113,5 mm și respectiv 183,9 mm, cu un deficit enorm pentru ambele straturi de sol.

Acest fenomen a condiționat întârzierea răsării plantelor de orz, ceea ce ulterior a prezentat și consecințe asupra nivelului de producție.

Tabelul 4.9. Rezerva de apă accesibilă în sol toamna, după semănatul orzului de toamnă, sub recolta anului 2020

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă, mm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm
		Stratul de sol 0-100 cm	Stratul de sol 100-200 cm	
Nefertilizat	Cu ierburi perene	60,5	87,8	148,3
	Cu ierburi anuale	59,4	83,8	143,2
Fertilizat	Cu ierburi perene	46,1	67,4	113,5
	Cu ierburi anuale	88,0	95,9	183,9

În toamna anului 2020, se observă de asemenea un deficit de umiditate semnificativ (Tabelul 4.10.). Din cauza lipsei precipitațiilor și temperaturilor ridicate recolta culturii premergătoare (porumb pentru boabe) a fost totalmente compromisă. Rezerva de apă accesibilă în sol pentru stratul de sol 0-200 cm a variat între 153,3 și 206,6 mm, aceasta fiind mai redusă pe fondul fertilizat.

Tabelul 4.10. Rezerva de apă a accesibilă în sol toamna după semănatul orzului de toamnă, sub recolta anului 2021

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă, mm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm
		Stratul de sol 0-100 cm	Stratul de sol 100-200 cm	
Nefertilizat	Cu ierburi perene	93,5	113,1	206,6
	Cu ierburi anuale	90,7	96,1	186,8
Gunoii de grajd + NPK	Cu ierburi perene	81,4	88,3	169,8
	Cu ierburi anuale	71,7	81,6	153,3

Datele privind rezerva de apă din toamnă, media pentru 3 ani 2018-2020, demonstrează că premergătorul cu termen de recoltare târziu (porumbul pentru boabe), nu este capabil să asigure o rezervă de apă suficientă pentru orzul de toamnă (Tabelul 4.11.). Astfel, în medie pentru 3 ani, rezerva de apă accesibilă pentru stratul de sol 0-200 cm a variat între 152,3 și 185,0 mm, fiind mai înaltă pe fondul nefertilizat. Se observă o mică tendință de depășire a rezervei de apă în asolament cu ierburi perene comparativ cu ierburile anuale.

Tabelul 4.11. Rezerva de apă a accesibilă în sol toamna, după semănatul orzului de toamnă, media pentru anii 2019-2021

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă, mm		Rezerva de apă accesibilă, disponibilă pentru întreg profilul solului 0-200 cm
		Stratul de sol 0-100 cm	Stratul de sol 100-200 cm	
Nefertilizat	Cu ierburi perene	70,0	115,0	185,0
	Cu ierburi anuale	71,0	104,2	175,2
Gunoii de grajd + NPK	Cu ierburi perene	64,5	98,0	162,5
	Cu ierburi anuale	74,6	77,7	152,3

Datele privind rezerva de apă accesibilă în sol primăvara, la regenerarea vegetației orzului de toamnă, permit evidențierea variantelor care au favorizat acumularea apei în sol în perioada toamnă-iarnă-primăvară (Tabelul 4.12.).

Tabelul 4.12. Acumularea apei în sol la cultivarea orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe în perioada toamnă – iarnă – primăvară, anul agricol 2018-2019

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă în sol, mm				Cantitatea de precipitații căzute în perioada toamnă-iarnă-primăvară, mm	Acumularea apei în sol, mm		% acumulat din precipitații
		la semănat		primăvara			0-100	0-200	
		0-100	0-200	0-100	0-200				
Nefertilizat	Cu ierburi perene	55,9	163,4	138,8	339,6	132,0	82,9	176,2	100
	Cu ierburi anuale	63,0	163,6	148,3	343,4	132,0	85,3	179,8	100
Fertilizat	Cu ierburi perene	66,0	155,1	148,1	330,5	132,0	82,1	175,4	100
	Cu ierburi anuale	64,0	151,3	161,4	347,8	132,0	97,4	196,5	100

Prin urmare, cele mai bune rezultate au fost obținute în asolament cu ierburi leguminoase anuale, pe fond fertilizat, unde rezerva de apă în primăvară a fost cea mai înaltă constituind – 161,4 mm, pentru stratul de sol 0-100 cm și respectiv 347,8 mm, pentru stratul de sol 0-200 mm.

De asemenea, pe această variantă a fost acumulată cea mai înaltă cantitate de apă în sol, alcătuind – 196,5 mm pentru întreg profilul solului 0-200 cm.

Apa provenită din precipitațiile atmosferice a fost acumulată la 100%, indiferent de varianta studiată.

În cazul anului agricol extrem de secetos 2020, cantitatea de precipitații căzute a constituit doar – 76,5 mm (Tabelul 4.13.). Prin urmare, această cantitate nu a fost suficientă pentru a suplini deficitul colosal format în toamna anului 2019. Astfel, toate variantele au înregistrat un deficit semnificativ de apă accesibilă în sol.

În lipsa fertilizării, procentul de acumulare a apei din precipitații în ament cu ierburi leguminoase perene a fost cu 15,4% mai mic decât pe fond fertilizat. O reducere bruscă a procentului de acumulare a apei în sol din precipitații se observă în asolament cu ierburi anuale pe fond fertilizat. Aici, diferența față de asolamentul cu ierburi perene, situat în cadrul aceluiași fond, a constituit – 50,4%.

Tabelul 4.13. Acumularea apei în sol la cultivarea orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe în perioada toamnă – iarnă – primăvară, anul agricol 2019-2020

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă în sol, mm				Cantitatea de precipitații căzute în perioada toamnă-iarnă-primăvară, mm	Acumularea apei în sol, mm		% acumulat din precipitații
		la semănat		Primăvara			0-100	0-200	
		0-100	0-200	0-100	0-200				
Nefertilizat	Cu ierburi perene	60,5	148,3	119,1	213,0	76,5	58,6	64,7	84,6
	Cu ierburi anuale	59,4	143,2	137,4	250,5	76,5	78,0	107,3	100
Fertilizat	Cu ierburi perene	46,1	113,5	122,5	244,3	76,5	76,4	130,8	100
	Cu ierburi anuale	88,0	183,9	123,4	221,4	76,5	35,4	37,5	49,6

În condiții cu exces de umiditate fertilizarea a influențat negativ capacitatea de acumulare a apei în sol (Tabelul 4.14.). Astfel, din cantitatea totală de precipitații căzute de la semănat până la reînceperea vegetației culturii (201,4 mm), doar 63,6 % au fost acumulate în asolament cu ierburi perene și 68,0 % în asolament cu ierburi anuale, ambele variante fiind amplasate pe fondul fertilizat.

Tabelul 4.14. Acumularea apei în sol la cultivarea orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe în perioada toamnă – iarnă – primăvară, anul agricol 2020-2021

Sistemul de fertilizare	Asolament	Rezerva de apă accesibilă în sol, mm				Cantitatea de precipitații căzute în perioada toamnă-iarnă-primăvară, mm	Acumularea apei în sol, mm		% acumulat din precipitații
		inițială		Primăvara			0-100	0-200	
		0-100	0-200	0-100	0-200				
Nefertilizat	Cu ierburi perene	93,5	206,6	192,0	390,8	201,4	98,5	184,2	91,5

Tabelul 4.14. (continuare)

	Cu ierburi anuale	90,7	186,8	180,1	376,3	201,4	89,4	189,5	94,1
Fertilizat	Cu ierburi perene	81,4	169,8	149,7	297,9	201,4	68,3	128,1	63,6
	Cu ierburi anuale	71,7	153,3	134,5	290,2	201,4	62,8	136,9	68,0

Un alt factor care determină capacitatea de acumulare a apei în sol îl constituie resturile vegetale. În continuare vor fi prezentate rezultatele obținute în primăvara a doi ani diametral opuși (Tabelul 4.15, 4.16.).

În urma determinării rezervei de apă accesibilă din sol în anul secetos 2020, s-a constatat că, pe fond nefertilizat toate dozele de resturi vegetale de porumb au influențat pozitiv asupra acumulării apei în sol, cu o diferență nesemnificativă dintre dozele studiate (Tabelul 4.15).

Tabelul 4.15. Influența diferitor doze de resturi vegetale asupra rezervei de apă din sol (mm) pe diferite fonduri de fertilizare, la cultivarea orzului de toamnă, semănat direct după porumb pentru boabe, anul 2020

Fondul de fertilizare	Doza de resturi vegetale	Stratul de sol, cm		± de la doza de resturi aplicată, stratul de sol 0-100 cm	± de la doza de resturi vegetale aplicată, stratul de sol 0-200 cm
		0-100	0-200		
Nefertilizat	0	56,2	115,9	-	-
	1	71,2	138,9	+15,0	+23,0
	2	71,2	136,9	+15,0	+21,0
	3	70,9	141,6	+14,7	+25,7
Fertilizat cu gunoi de grajd	0	112,4	230,8	-	-
	1	139,3	256,1	+26,9	+25,3
	2	89,7	176,8	-22,7	-54,0
	3	73,5	154,0	-38,9	-76,8
Fertilizat cu gunoi de grajd + PK	0	74,0	159,6	-	-
	1	79,0	177,5	+5,0	+17,9
	2	94,4	178,3	+20,4	+18,7
	3	84,2	171,8	+10,2	+12,2
Fertilizat cu gunoi de grajd + NPK	0	86,1	180,2	-	-
	1	80,2	175,1	-5,9	-5,1
	2	78,3	165,8	-7,8	-14,4
	3	80,2	168,5	-5,9	-11,7

Astfel, aplicarea diferitor cantități de resturi vegetale în lipsa fertilizării favorizează acumularea apei în sol atât în straturile superficiale (0-100 cm), cât și în cele mai adânci (0-200 cm).

Pe fond fertilizat cu gunoi de grajd în postacțiune se observă o cantitate mai mare de apă accesibilă în sol la folosirea unei singure doze de resturi vegetale de porumb, iar aplicarea a două sau trei doze de resturi vegetale contribuie la o scădere bruscă a rezervei de apă cu 22,7 mm și respectiv 38,9 față de varianta control (fără resturi vegetale).

La folosirea îngrășămintelor minerale de fosfor și potasiu, pe fondul aplicării gunoiului de grajd în postacțiune, toate dozele au influențat pozitiv, surplusul față de martor variind între +5,0 și +20,4 mm. Aplicarea dozelor de resturi vegetale de porumb, pe fondul îngrășămintelor cu azot, au dus la obținerea unui rezultat negativ. De menționat că îngrășămintele de azot contribuie la o descompunere mai intensă a resturilor vegetale, astfel contribuind la o acumulare mai mare de apă (un deficit mai mic de apă) comparativ cu folosirea separată a gunoiului de grajd.

În cazul anului cu umiditate în exces (2021), acumularea apei în sol în dependență de doza de resturi vegetale a fost influențată preponderent de sistemul de fertilizare (Tabelul 4.16.).

Tabelul 4.16. Influența diferitor doze de resturi vegetale asupra rezervei de apă din sol (mm) pe diferite fonduri de fertilizare, la cultivarea orzului de toamnă, semănat direct (No-Till) după porumb pentru boabe, anul 2021

Fondul de fertilizare	Doza de resturi vegetale	Stratul de sol, cm		± de la doza de resturi aplicată, stratul de sol 0-100 cm	± de la doza de resturi vegetale aplicată, stratul de sol 0-200 cm
		0-100	0-200		
Nefertilizat	0	155,3	339,5	-	-
	1	167,6	362,0	+12,3	+22,5
	2	180,6	365,6	+25,3	+26,1
	3	174,4	364,8	+19,1	+25,3
Fertilizat cu gunoi de grajd	0	147,1	297,3	-	-
	1	156,3	303,4	+9,25	+6,1
	2	167,6	293,6	+20,1	-3,7
	3	207,6	363,8	+60,5	+66,5
Fertilizat cu gunoi de grajd + PK	0	180,5	341,9	-	-
	1	173,3	327,4	-7,2	-14,5
	2	133,7	294,3	-46,8	-47,6
	3	169,1	305,0	-11,4	-36,9
Fertilizat cu gunoi de grajd + NPK	0	176,2	301,6	-	-
	1	164,5	300,4	-11,7	-1,2
	2	167,4	306,6	-8,8	+5,0
	3	164,9	321,9	-11,3	+20,3

Pe fond nefertilizat toate dozele de resturi vegetale aplicate au influențat pozitiv asupra formării rezervei de apă în primăvară, sporul în acumularea apei cauzat de resturile vegetale fiind aproximativ la același nivel, indiferent de doza aplicată.

Pe fond fertilizat cu gunoi de grajd, influența resturilor vegetale este observată preponderent la aplicarea unei cantități mai mari de resturi vegetale. Astfel, în stratul 0-100 cantitatea de apă acumulată a fost cu 60,5 mm mai înaltă comparativ cu varianta martor (fără resturi vegetale), iar în stratul 0-200 cm, cu - 66,5 mm.

Pe fond organo-mineral, folosirea resturilor vegetale în majoritatea cazurilor a dus la reducerea rezervei de apă în sol.

Unele excepții au fost observate pe fondul cu gunoi de grajd + NPK (în postacțiune), unde aplicarea a 3 doze de resturi vegetale de asemenea a favorizat acumularea apei în sol.

Concluzii la Capitolul 4:

1. Datele experimentale demonstrează că, indiferent de variabilitatea climaterică anuală există o tendință clară referitor la deficitul de umiditate în sol. Această observație susține ipoteza că schimbările climatice au un impact semnificativ asupra disponibilității apei în sol, iar adaptarea la aceste schimbări necesită o atenție sporită în vederea asigurării sustenabilității agriculturii.

2. Acumularea apei în sol este influențată substanțial de cultura premergătoare. Astfel, amplasarea corectă a culturilor după premergători și respectarea asolamentului reprezintă un moment crucial în contextul necesității adaptării la schimbările climatice. Cea mai mică cantitate de apă din precipitațiile căzute iarna-primăvara este acumulată de ogorul negru, de aceea el trebuie exclus din sistemul de agricultură.

3. Avantajul premergătorilor timpurii pentru culturile cerealierele de toamnă constă într-o cantitate mai mare de apă în stratul 100-200 cm, ceea ce este important în condițiile anului secetos 2020.

4. Lucerna ca premergător timpuriu, nu asigură întotdeauna o rezervă de umiditate satisfăcătoare în sol din cauza consumului excesiv de apă și cantității insuficiente de precipitații atmosferice căzute. Cu toate acestea, această cultură are un beneficiu pe termen lung prin contribuția la structurarea solului, ceea ce poate îmbunătăți calitatea acestuia și poate spori capacitatea de a reține apa în viitor.

5. Sistemul conservativ de lucrare a solului cu zero lucrări favorizează acumularea apei în sol, la cultivarea grâului de toamnă după porumb pentru boabe. Rezultatele obținute demonstrează că acumularea apei din precipitații poate atinge între 87,1 și 100 %, oferind beneficii semnificative în contextul încălzirii globale.

5. REGIMUL NUTRITIV ȘI PARAMETRII AGROFIZICI AI SOLULUI

5.1. Indicatorii agrochimici

Viliams V.R., definește fertilitatea solului ca fiind capacitatea lui de a asigura necesitățile plantelor în factorii tereștri (apă și elemente nutritive) [15].

Potrivit lui Amir Kassam, fertilitatea solului poate fi definită ca „capacitatea solului de a susține producția sustenabilă de plante, într-un mod care protejează și îmbunătățește calitatea solului, calitatea apei, biodiversitatea și alte funcții de mediu, precum și sănătatea umană”. Această definiție integrează atât aspectele agricole, cât și cele ecologice și sociale, subliniind importanța unui sol sănătos și a unor practici agricole durabile pentru protejarea mediului înconjurător și a sănătății umane [64].

Materia organică din sol reprezintă orice materie organică de origine vegetală sau animală care se află în sol și care poate fi supusă descompunerii microbiene. Această materie organică este formată dintr-un amestec complex de compuși organici, cum ar fi carbohidrați, proteine, lipide și acizi nucleici, care se introduc în sol atât prin intermediul rădăcinilor plantelor, excrețiilor microorganismelor și animalelor, cât și prin alte procese biologice.

Materia organică din sol are un rol foarte important în menținerea fertilității solului și a sănătății ecosistemelor terestre. Printre rolurile principale ale acesteia putem menționa:

- furnizarea nutrienților esențiali plantelor, cum ar fi azotul, fosforul și sulful, precum și a altor elemente nutritive, așa ca calciu, magneziu și potasiu;
- îmbunătățirea structurii solului și a capacității sale de reținere a apei, prin formarea de agregate structurale și prin creșterea porozității solului;
- menținerea biodiversității și funcțiilor ecologice ale solului, cum ar fi ciclul nutrienților, transformarea carbonului organic, fixarea azotului, descompunerea și reciclarea materiei organice;
- protejarea solului împotriva degradării și erodării, prin reducerea pierderii de sol prin apă și vânt și prin îmbunătățirea stabilității structurale și fizico-chimice a solului.

De asemenea, cantitatea și calitatea materiei organice din sol poate fi utilizată pentru a evalua fertilitatea solului și pentru a monitoriza schimbările în funcționalitatea și sănătatea ecosistemelor terestre [40].

Carbonul este un element esențial pentru fertilitatea solului. Materia organică din sol, care este compusă în mare parte din carbon, joacă un rol crucial în menținerea sănătății și fertilității solului. Prin urmare, acesta este utilizat de microorganismele din sol ca sursă de hrană, contribuind la formarea unui sol viabil și productiv [39].

Conform programului de cercetare, în experiențele studiate a fost determinat conținutul de materie organică în sol sub formă de humus. Pentru transformarea conținutului de carbon organic în materie organică am folosit coeficientul de transformare – 1,724.

În Fig. 5.1. este prezentată distribuția COS pe straturi, determinat pe variantele studiate în experiență. Putem observa o reducere treptată a conținutului de carbon organic în sol odată cu creșterea adâncimii. Această tendință este caracteristică pentru toate variantele studiate însă, conținutul de COS determinat în Asol. 5 (asolament cu ierburi leguminoase perene) s-a dovedit a fi mai înalt ba chiar și în straturile mai adânci ale solului. Diferența se observă în special pentru stratul 40-60 cm, determinată de o cantitate mai mare de rădăcini, comparativ cu asolamentele ce nu includ în structura sa ierburi leguminoase perene.

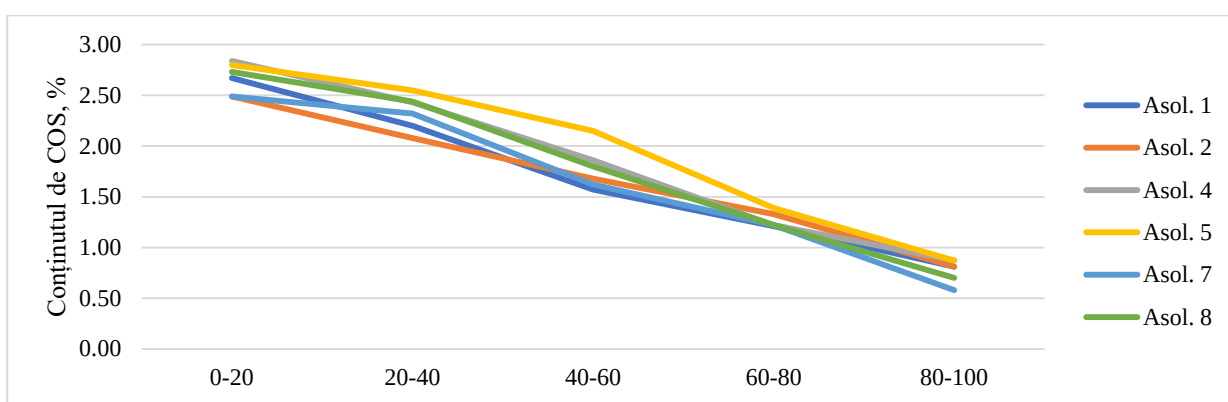


Fig. 5.1. Distribuția pe straturi a conținutului de COS în funcție de asolament și fertilizare

Analiza conținutului mediu de COS pentru stratul de sol 0-40 cm scoate în evidență asolamentele 2 și 5 (Fig. 5.2.). Cel mai înalt conținut de COS a fost înregistrat în asolament cu ierburi leguminoase perene, acesta constituind - 2,68 % versus asolamentului ce include în componența sa ogorul negru unde conținutul de carbon organic a alcătuit doar 2,29 %, fiind chiar mai redus decât pe fond nefertilizat (Asol. 7). Pentru stratul de sol 0-100 cm se păstrează aceeași tendință, conținutul de COS variind între 1,68-1,95%, cu evidențierea acelorași variante.

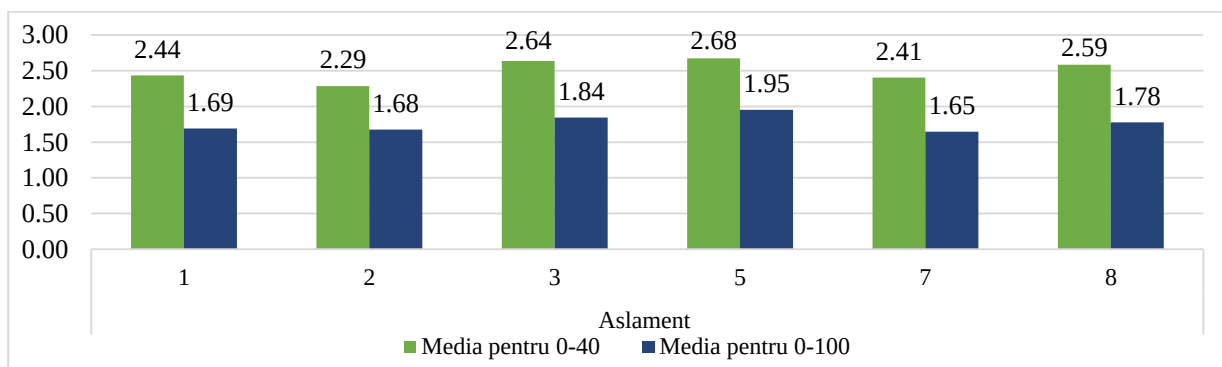


Fig. 5.2. Conținutul de carbon organic în sol, experiența de câmp de lungă durată pe asolamente, anul 2020

Rezultatele analizelor privind conținutul de COS obținute în experiența pe agricultura ecologică sunt prezentate în Tabelul 5.1. Potrivit acestora, aici observăm un conținut mai mic de COS în raport cu experiența de lungă durată pe asolamente. Astfel, conținutul de COS pentru stratul de sol 0-40 cm variază în limitele 2,16-2,61 % și respectiv – 1,51-1,76 %, pentru întreg profilul 0-100 cm. Totodată, observăm că în straturile superficiale ale solului există diferențe mai accentuate comparativ cu straturile mai adânci.

Tabelul 5.1. Conținutul de COS în experiența de lungă durată pe agricultura ecologică, anul 2020

Sistemul de fertilizare	Asolament	Conținutul de COS pe straturi, %						
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Media pentru 0-40	Media pentru 0-100
Nefertilizat	1	2,45	2,25	1,68	1,04	0,66	2,35	1,62
	2	2,09	2,22	1,62	0,99	0,63	2,16	1,51
	3	2,50	2,28	1,64	1,19	0,64	2,39	1,65
Gunoi de grajd	1	2,43	2,15	1,64	0,99	0,54	2,29	1,55
	2	2,67	2,36	1,84	1,04	0,62	2,52	1,71
	3	2,71	2,10	1,62	0,72	0,46	2,41	1,52
Gunoi de grajd + PK	1	2,76	2,23	1,55	0,98	0,54	2,50	1,61
	2	2,78	2,30	1,70	0,79	0,64	2,54	1,64
	3	2,81	2,33	2,23	0,85	0,56	2,57	1,76
Gunoi de grajd + NPK	1	2,82	2,13	1,86	1,18	0,58	2,48	1,72
	2	2,80	2,40	1,77	1,00	0,50	2,60	1,70
	3	2,76	2,46	1,72	0,95	0,73	2,61	1,72

Datele privind conținutul mediu de COS pentru stratul de sol 0-40 cm indică valori mai înalte la aplicarea fertilizării comparativ cu fondul nefertilizat (Fig. 5.3.). Pe fond fertilizat conținutul de COS variază în limitele 2,29 – 2,61% pentru stratul de sol 0-40 cm și respectiv 1,52 – 1,76% pentru întreg profilul 0-100 cm.

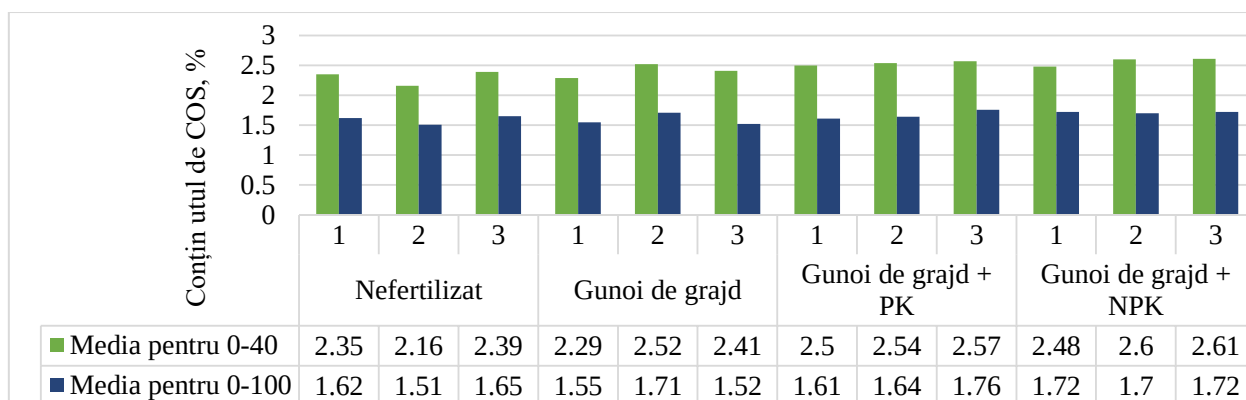


Fig. 5.3. Conținutul de COS în experiența de lungă durată pe agricultura ecologică, anul 2020

Sidorov ș.a., menționează rolul apei și conținutului de nutrienți din sol ca factori de bază ai fertilității solului [15].

Potrivit lui Brady și Weil (2008), conținutul de elemente nutritive din sol determină cantitatea de nutrienți disponibili pentru plante, incluzând macronutrienții esențiali, cum ar fi azotul, fosforul și potasiul, și micronutrienții esențiali, cum ar fi fierul, manganul, zincul ș.a. [107].

Conform lui Zhang ș. a. (2012), conținutul de elemente nutritive din sol poate fi definit ca cantitatea de macro- și micronutrienți prezenți în sol, care sunt disponibili pentru plante și care pot fi absorbite prin rădăcini [108].

Tot Brady și Weil (2008), afirmă că elementele nutritive din sol sunt importante pentru creșterea și dezvoltarea plantelor, iar deficiențele de nutrienți pot afecta negativ producția de culturi [107].

În general, elementele nutritive din sol sunt esențiale pentru dezvoltarea plantelor, pentru producția de culturi sănătoase și obținerea unor randamente înalte. Deficiențele sau excesele de nutrienți pot afecta negativ creșterea, dezvoltarea și sănătatea plantelor, iar managementul adecvat al solului poate ajuta la menținerea unui regim nutritiv optim [109].

Exemple privind influența elementelor nutritive asupra plantelor:

1. Azotul (N) este un element nutritiv esențial pentru producția de proteine și alți compuși importanți pentru creșterea plantelor. Deficiențele de azot pot încetini creșterea și dezvoltarea plantelor și pot reduce producția culturilor.

2. Fosforul (P) este important pentru producția de ATP, un compus esențial pentru funcționarea celulelor. Deficiențele de fosfor pot duce la creșterea lentă a plantelor și la o producție redusă de fructe și semințe.

3. Potasiul (K) este important pentru reglarea presiunii de apă în celulele plantelor și pentru creșterea rădăcinilor. Deficiențele de potasiu pot afecta negativ producția de fructe și semințe și pot face plantele mai sensibile la stresul abiotic.

4. Fierul (Fe) este important pentru producția de clorofilă și pentru alte procese fiziologice ale plantelor. Deficiențele de fier pot duce la cloroză și la alte probleme de creștere.

5. Alți micronutrienți esențiali, cum ar fi manganul (Mn), zincul (Zn) și cuprul (Cu), sunt necesari pentru diverse procese fiziologice ale plantelor și pentru sinteza de proteine și a altor compuși importanți [109].

Reieșind din planul de cercetare propus și posibilitățile laboratorului în care au fost efectuate analizele solului, accentul a fost pus pe determinarea conținutului de NO_3 , P_2O_5 și K_2O .

De menționat că reacția solului (pH-ul) pentru toate variantele studiate este neutră. Conform planului de analize prelevarea probelor de sol pentru determinarea conținutului de elemente nutritive a fost efectuată concomitent cu cele pentru aprecierea umidității solului.

Conținutul de NO_3 sub cultura grâului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe, cât și pe varianta după mazăre la boabe (o singură trecere cu grapa cu discuri) este prezentată în Fig. 5.4.

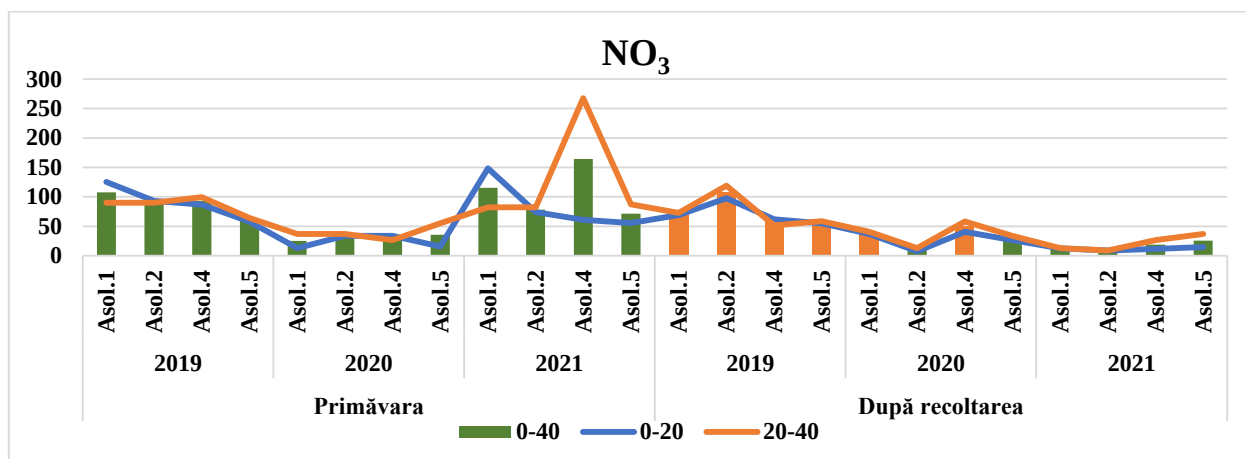


Fig. 5.4. Dinamica conținutului de NO_3 sub grâul de toamnă pentru anii 2019-2021

Primăvara, în momentul reînceperii vegetației grâului de toamnă, conținutul de azot în sol sub formă de nitrați NO_3 variază semnificativ în funcție de condițiile anului. Prin urmare conținutul acestuia în stratul de sol 0-40 cm oscilează între scăzut (25,0-35,4 mg/kg de sol) și ridicat, atingând valori maxime (115,3-164,3 mg/kg de sol) în condiții cu exces de umiditate (anul 2021) și respectiv minime în cazul anului secetos (2020).

Diferența dintre ani pe asolamente este considerabil mai mare comparativ cu diferența dintre asolamente în cadrul fiecărui an.

După recoltare cantitatea de nitrați în sol scade semnificativ în cazul anului 2021, când cantitatea de precipitații căzute a depășit semnificativ suma medie multianuală. Atunci, conținutul de nitrați în sol a înregistrat valori între 8,7 – 37,0 mg/1 kg de sol. Acest lucru se explică prin consumul excesiv de azot, care a provocat creșterea abundentă a biomasei aeriene a plantelor, ceea ce ulterior a cauzat păturirea culturii.

Conținutul de fosfor mobil P_2O_5 exprimat în mg la 1 kg de sol este prezentat în Fig. 5.5. Concentrația de P_2O_5 variază între scăzută (91,5 mg/1 kg de sol) și foarte ridicată (285,6 mg/1 kg de sol). Primăvara, o abatere semnificativă poate fi observată în anul cu exces de precipitații 2021, când acesta atinge valori între 213,5 și 285,6 mg/1 kg de sol.

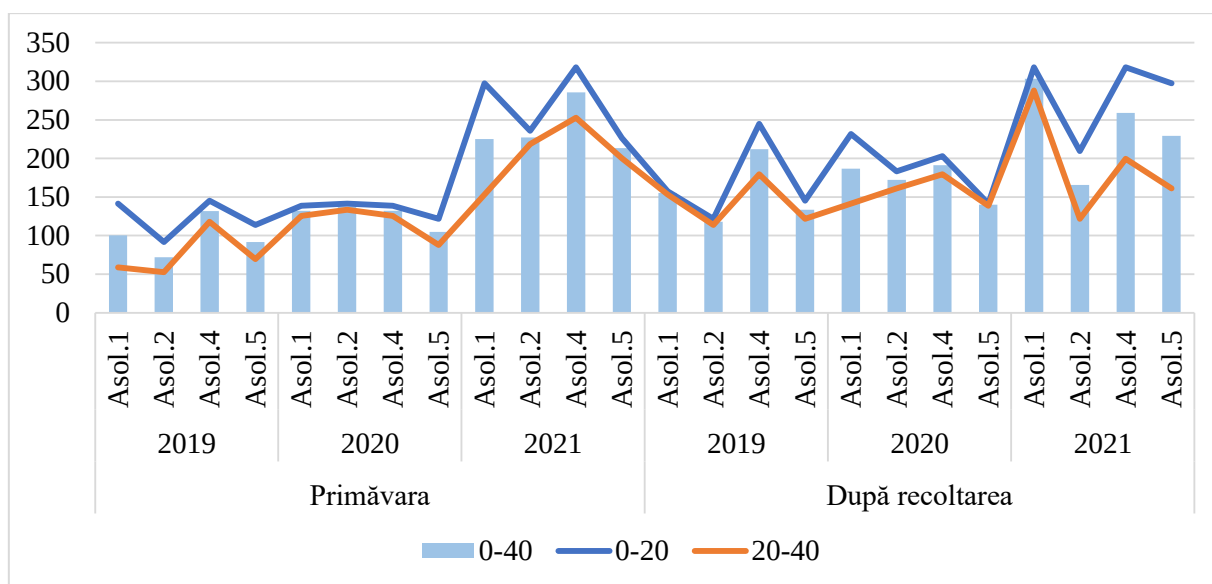


Fig. 5.5. Dinamica conținutului de P₂O₅ sub grâu de toamnă pentru anii 2019-2021

Putem presupune că acest fenomen este cauzat de calitatea resturilor vegetale de porumb, care în toamna anului 2021 au fost mărunțite mai devreme, având condiții favorabile pentru descompunere.

Concomitent conținutul de fosfor mobil în sol a fost influențat în anul 2021 de folosirea lui limitată în condițiile anului secetos 2020. De asemenea, menționăm o concentrație mai înaltă a fosforului mobil în primăvara și toamna anului 2021 în stratul de 0-20 cm.

Conținutul de potasiu (K₂O) în sol înregistrează devieri semnificative atât în dependență de anul de studiu cât și de asolament (Fig. 5.6.). În majoritatea cazurilor acesta variază între 125,0 și 373,8 mg/1 kg de sol, ceea ce reprezintă valori medii și ridicate. Potasiul mobil este repartizat preponderent în stratul superficial de sol 0-20 cm.

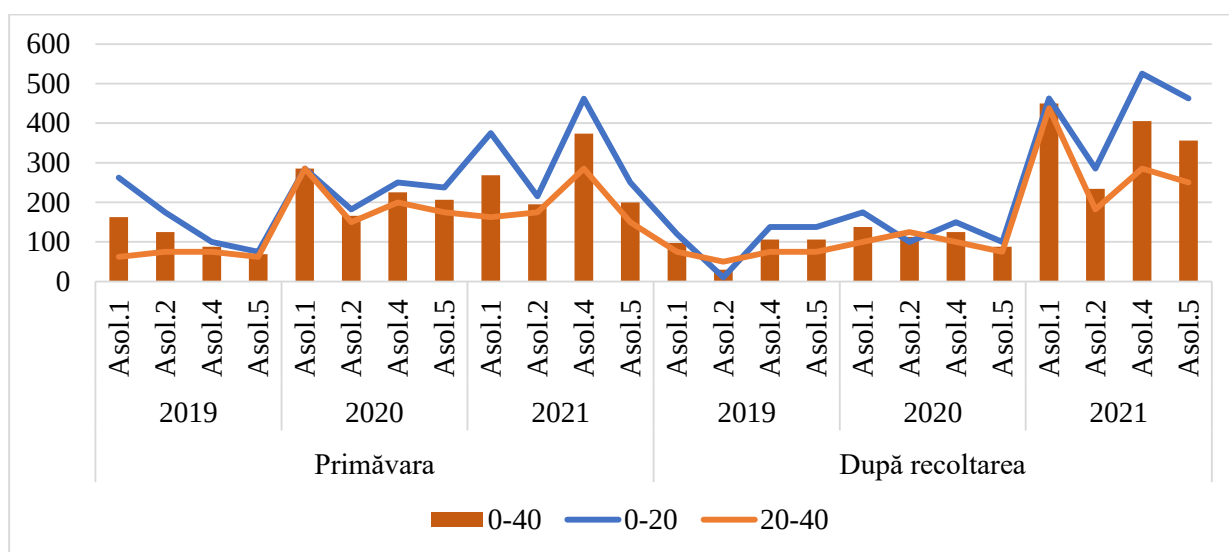


Fig. 5.6. Dinamica conținutului de K₂O sub grâu de toamnă pentru anii 2019-2021

Analogic conținutului de fosfor mobil, se evidențiază anul 2021 cu un conținut mai înalt de potasiu mobil în toate asolamentele studiate, dar în deosebi în asolamentele N1, 4 și 5 cu un nivel mai înalt de fertilitate.

Semnificația acestor rezultate are însemnătate practică și constă în faptul că dozele de îngrășăminte minerale pot fi reduse după anii secetoși. Excesul de nutriție poate provoca pătulirea culturilor cerealiere de toamnă de rând cu sporirea nivelului de atac cu boli și dăunători. Conținutul de nitrați (NO_3) sub cultura orzului de toamnă în experiența pe agricultura ecologică este prezentată în Fig. 5.7. În anii de studiu 2019 și 2020, conținutul de nitrați în sol indică valori medii, oscilând în limitele 53,7-81,8 mg/1 kg de sol. Excepție prezintă anul 2021, când conținutul de NO_3 este semnificativ mai mic, cu valori mai înalte pe fond fertilizat în asolament cu amestec de ierburi leguminoase și graminee perene. În cazul excesului de umiditate crește considerabil rolul amestecului de ierburi perene și anuale în asolament pentru prevenirea levigării nitraților pe întreaga perioadă de vegetație, dar în deosebi primăvara.

Din cauza instabilității accentuate a acestui element, nu pot fi formulate anumite concluzii privința repartizarea NO_3 pe straturi de sol, dar este evident rolul amestecului de ierburi anuale și perene în asolament pentru prevenirea levigării nitraților.

O altă concluzie ar fi că cultura orzului de toamnă este foarte efektivă în folosirea postacțiunii elementelor nutritive sub culturile precedente în asolament.

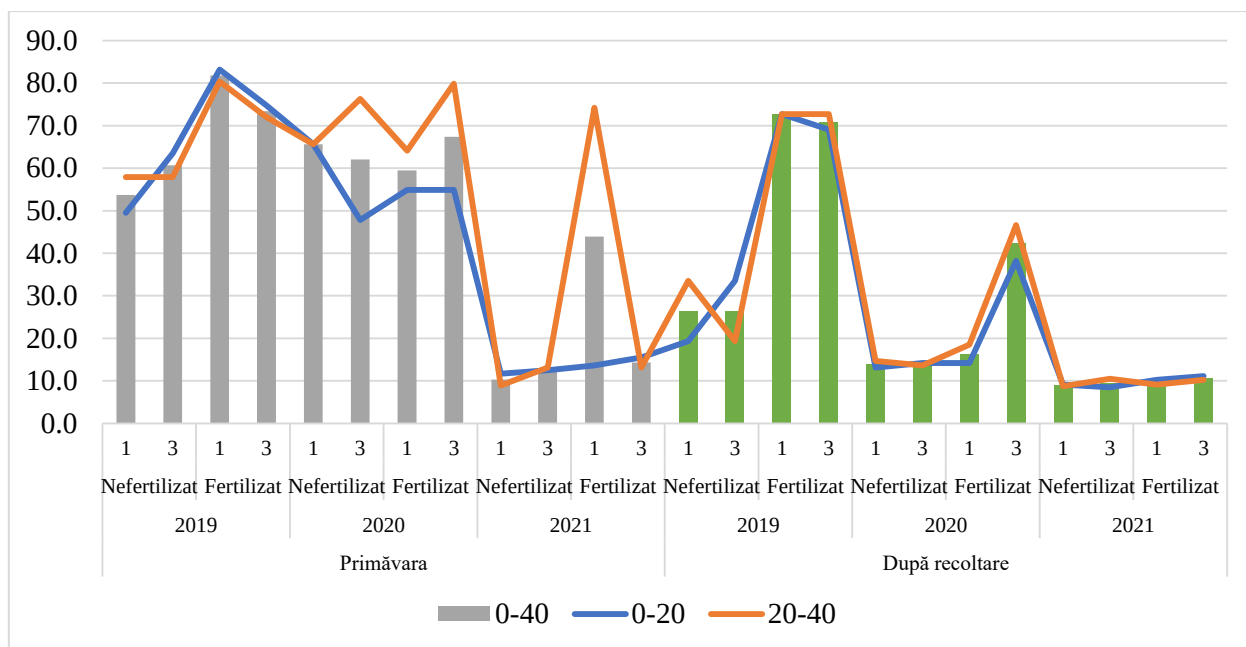


Fig. 5.7. Dinamica conținutului de NO_3 sub orzul de toamnă cultivat în experiența pe agricultura ecologică, anii 2019-2021

Conținutul de fosfor mobil în sol sub orzul de toamnă semănat direct în experiența pe agricultură ecologică variază mai mult în funcție de fertilizare decât de asolament (Fig. 5.8.).

Astfel, primăvara, conținutul de P_2O_5 variază între 65,5 – 213,5 g/1 kg de sol, ceea ce corespunde calificativelor de la redus până la înalt. Pe majoritatea variantelor acesta se găsește preponderent în stratul de sol 0-20 cm.

Se observă o tendință foarte importantă în aspect practic. Conținutul de fosfor mobil este mai înalt pe fond fertilizat în asolamentul cu ierburi perene.

Putem presupune că ierburile perene în asolament contribuie la o mobilizare mai înaltă a fosforului pe solurile de cernoziom. Problema dată rămâne una de importanță majoră în condițiile dominării formelor inaccesibile de fosfor și surselor limitate de fosfor mineral în lume.

Considerăm că reîntoarcerea ierburilor perene în asolament ar putea permite folosirea mai rațională a fosforului din straturile mai adânci a solului cu reducerea aplicării îngrășămintelor minerale.

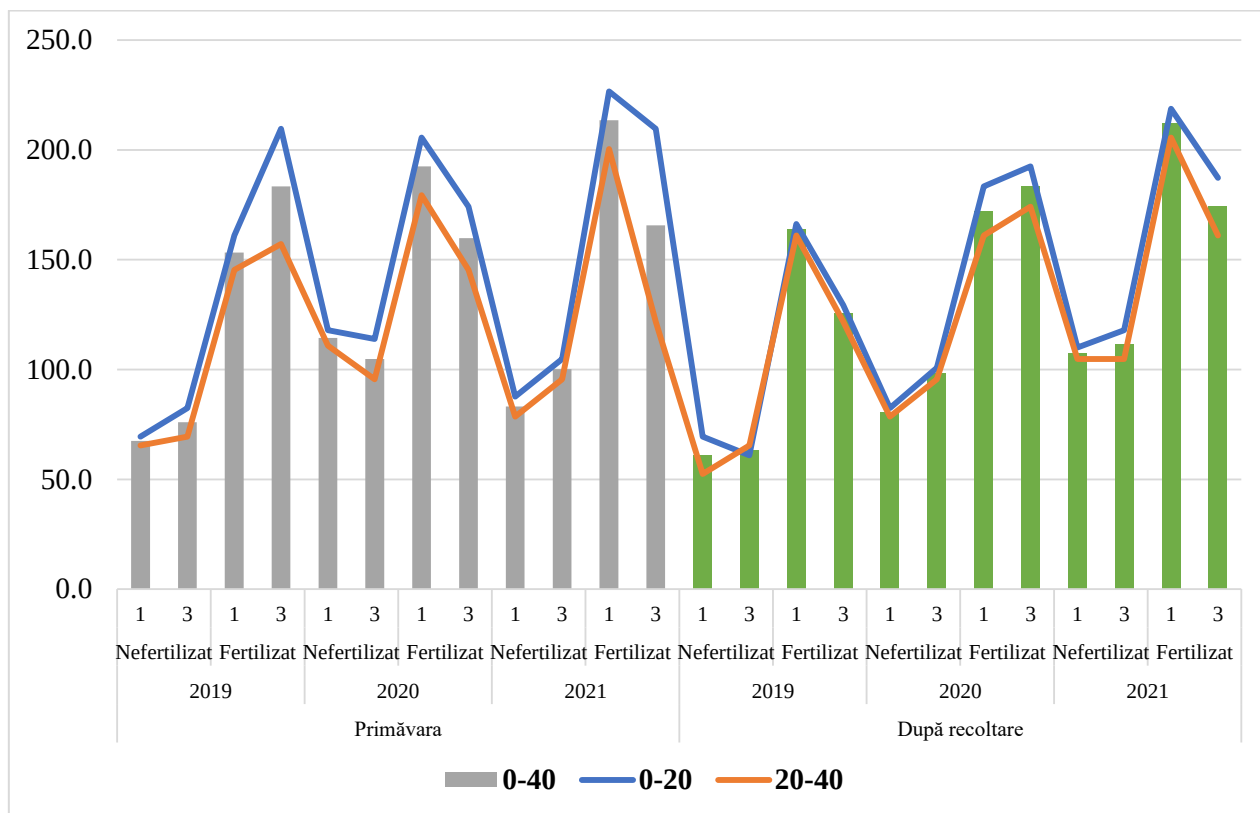


Fig. 5.8. Dinamica conținutului de P_2O_5 sub orzul de toamnă cultivat în experiența pe agricultura ecologică, anii 2019-2021

Conținutul de potasiu în sol de asemenea variază între moderat și înalt (Fig. 5.9). Primăvara acest element domină în straturile de la suprafață (0-20 cm), iar către momentul recoltării acesta se echivalează în ambele straturi de sol. Conținutul în formele mobile de potasiu nu este influențat de aplicarea suplimentară a îngrășămintelor minerale cu potasiu.

Prin urmare, rezultatele obținute nu arată necesitatea de fertilizare cu acest element.

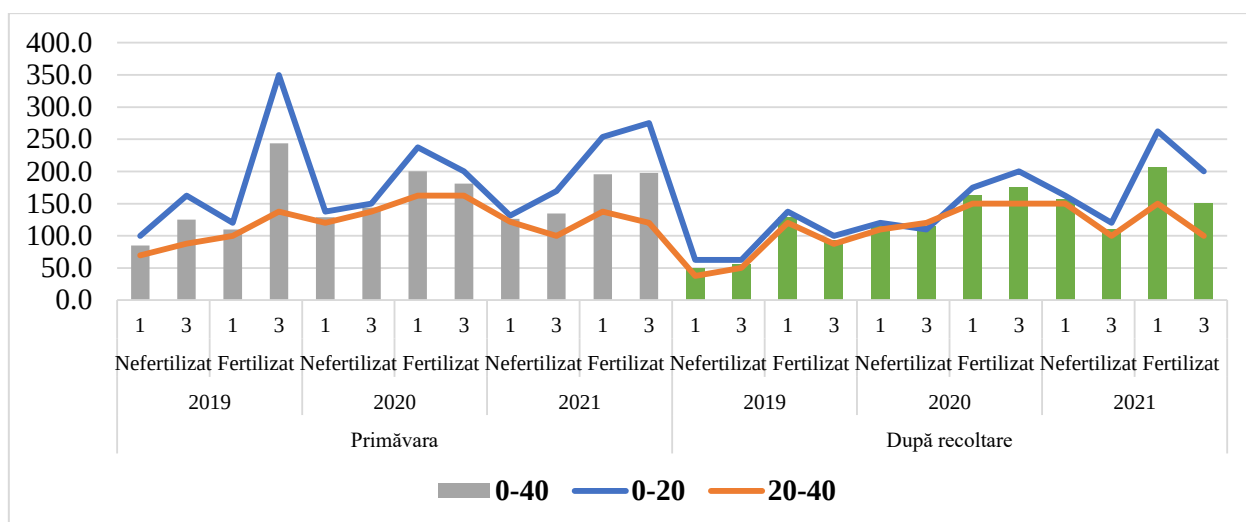


Fig. 5.9. Dinamica conținutului de K_2O sub orzul de toamnă cultivat în experiența pe agricultura ecologică, anii 2019-2021

5.2. Indicatorii agrofizici

Proprietățile agrofizice ale solului sunt caracteristicile fizice care influențează capacitatea de creștere și dezvoltare a plantelor. Aceste proprietăți sunt definite în mod diferit de către diferiți autori, dar în general, ele includ următorii indicatori:

Capacitatea de câmp - reprezintă măsura în care solul poate reține apa și o poate elibera plantelor. După Brady și Weil (2002), capacitatea de câmp este „cantitatea maximă de apă pe care solul o poate reține în condiții de echilibru cu apa sub presiune zero” [107].

Rusu T. afirmă că prin „**textura sau compoziția granulometrică a solului se înțelege proporția în care particulele de sol de diferite mărimi participă la alcătuirea solului**” [107].

Textura solului influențează capacitatea solului de a reține apa și nutrienții.

Structura solului exprimă modul în care particulele de sol sunt aranjate în agregate, ceea ce influențează permeabilitatea solului, capacitatea de retenție a apei și posibilitatea rădăcinilor de a pătrunde în sol [114]. Conform autorilor Buol ș.a. (2011), structura solului se referă la „organizarea și relațiile dintre particulele individuale de sol” [20].

Densitatea aparentă solului se referă la masa de sol pe unitate de volum și este o măsură a gradului de compactare a solului. O densitate aparentă ridicată poate limita dezvoltarea rădăcinilor și penetrarea apei și aerului în sol [20].

Densitatea aparentă a solului este o proprietate dinamică care variază în funcție de proprietățile structurale ale solului. În general, aceasta crește odată cu adâncimea profilului, datorită modificărilor conținutului de materie organică, porozității și compactării [20].

Porozitatea solului: reprezintă proporția de spațiu liber (aer și apă) din sol în raport cu volumul total al solului. Porozitatea solului influențează capacitatea solului de a reține apa și aerul

necesare plantelor. Conform autorilor Brady și Weil (2002), porozitatea solului se referă la „procentul de volum al solului ocupat de spațiile libere de aer și apă” [107]. După Nimmo, porozitatea solului reflectă ponderea din volumul total al solului care este ocupată de spațiul porilor [89]. Aceste proprietăți ale solului sunt strâns legate între ele și influențează în mod colectiv capacitatea solului de a susține plantele și producția agricolă [89].

Pentru a avea o imagine clară despre legătura dintre materia organică a solului și proprietățile lui agrofizice concomitent cu aprecierea indicatorilor agrofizici a fost determinat conținutul de carbon (%), precum și rezerva de carbon (t/ha) pe patru variante.

Pentru o analiză comparativă în experiment au fost incluse două extreme, prima fiind ogorul negru permanent (Fig. 5.10.) și a doua fiind pârlăoaga permanentă (Fig. 5.11.). În calitate de variante intermediare (tranziția de la ogor negru lipsit de vegetație la ecosistem natural) au fost analizate Asol. 2 (cu ogor negru) și Asol. 5 (cu lucernă).



Fig. 5.10. Structura solului în ogor negru (Sursa: foto autor)



Fig. 5.11. Structura solului în pârlăoagă (Sursa: foto autor)

Datele experimentale obținute mărturisesc despre creșterea conținutului de carbon în sol în funcție de modul de gestionare a acestuia (Fig. 5.12.). Cel mai redus conținut de carbon în sol a fost determinat pe varianta cu ogor negru în cultură permanentă acesta constituind – 2,25%, stratul 0-20 cm. La cultivarea culturilor în asolament se observă o creștere a conținutului de carbon, mai ales la cultivarea lucernei la masă verde în asolament. Aici conținutul de carbon a constituit – 2,83%, fiind mai aproape de ecosistemul natural (pârloagă). Totuși menținerea solului permanent acoperit, de rând cu o diversitate mai mare de specii și în lipsa perturbației mecanice a favorizat acumularea celei mai mari cantități de carbon în sol – 3,29%.

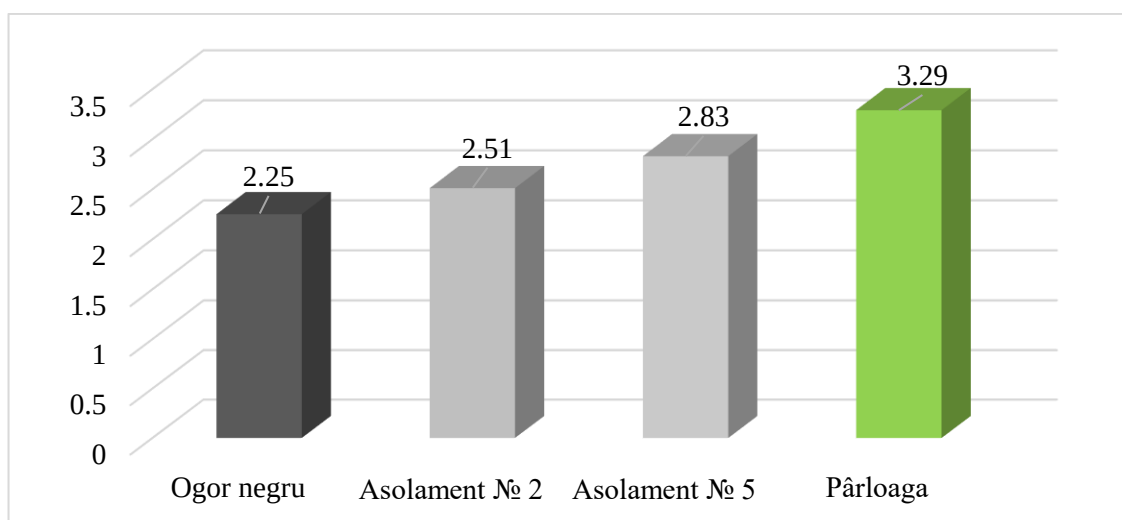


Fig. 5.12. Conținutul de carbon în sol în funcție de variantele studiate (stratul de sol 0-20 cm), anul 2020, ICCC „Selecția”, %

Rezerva de carbon în stratul de sol 0-100 cm variază în funcție de variantele studiate în limitele 196,2 și 280,8 t/ha. Aceasta crește odată cu sporirea cantității de materie organică, lăsată în sol la cultivarea plantelor, în special a ierburilor leguminoase perene (Fig. 5.13.). Tendința este similară celei menționate în cazul conținutului de carbon.

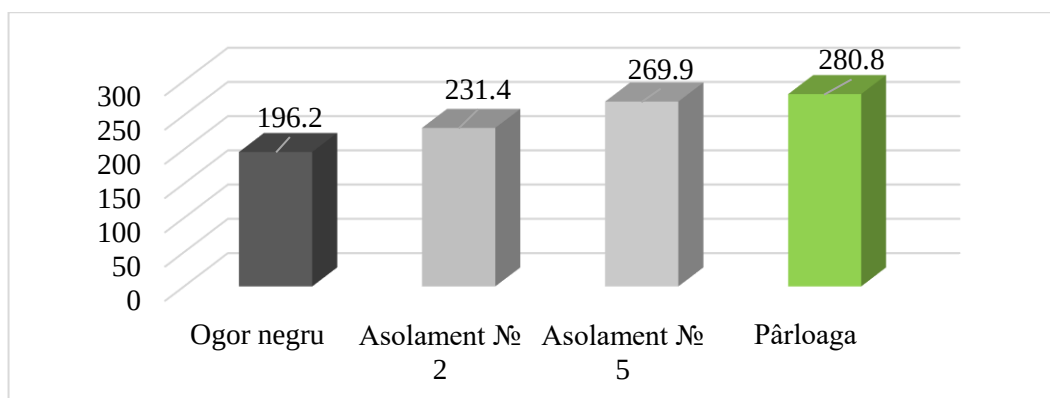


Fig. 5.13. Rezerva de carbon în stratul de sol 0-100 cm în funcție de variantele studiate, t/ha, anul 2020, ICCC „Selecția”, %

Datele experimentale privind densitatea aparentă a solului demonstrează legătura dintre conținutul de MOS și proprietățile agrofizice ale solului (Fig. 5.14.). Aici se observă o tendință diametral opusă și anume o descreștere de la ogor negru spre pârlăogă. Densitatea aparentă a solului a înregistrat valori între 1,12 și 1,35 g/cm³. Prin urmare, cu cât conținutul de materie organică este mai înalt cu atât densitatea aparentă a solului este mai mică.

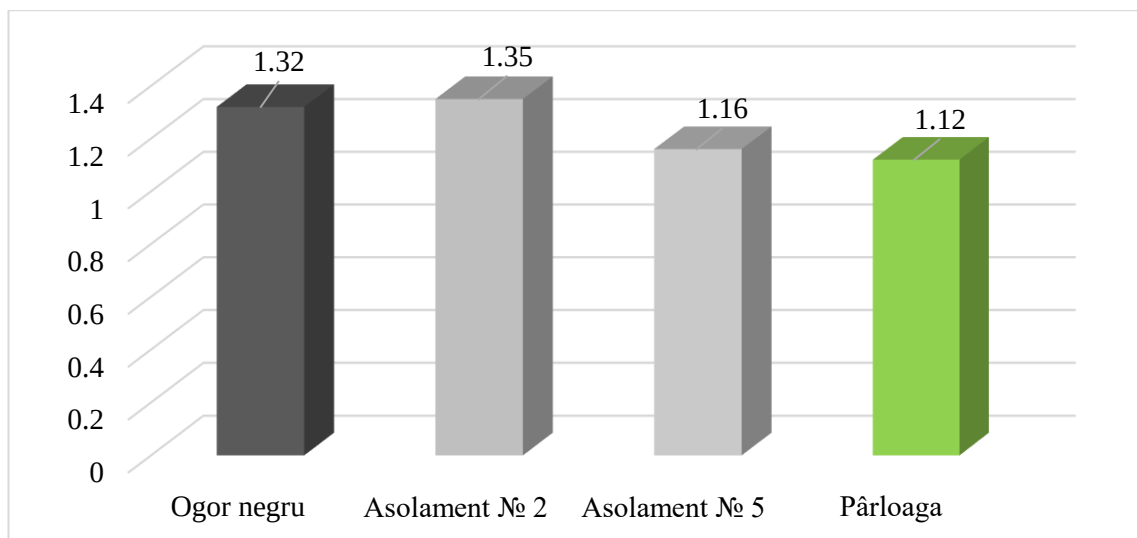


Fig. 5.14. Densitatea aparentă a solului în funcție de variantele studiate, g/cm³, vara anului 2020, ICCC „Selecția”

Porozitatea totală a solului de asemenea variază în funcție de conținutul de MOS (Fig. 5.15.). Astfel, pentru variantele studiate aceasta oscilează în limitele 46,0 și 55,2 %, indicând valori similare în cazul ogorului negru permanent și ogorului negru în asolament (46,0-47,2 %). Porozitatea totală crește considerabil în asolamentul cu ierburi leguminoase perene (53,6 %) și pârlăogă (55,2 %).

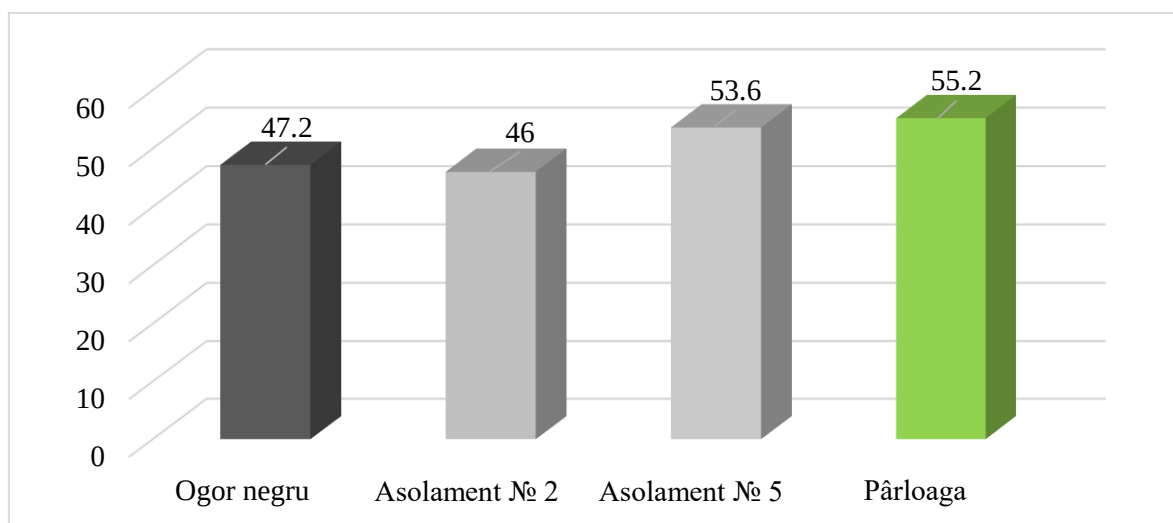


Fig. 5.15. Porozitatea totală a solului în funcție de variantele studiate, anului 2020, ICCC „Selecția”, %

Capacitatea de câmp joacă un rol deosebit de important în posibilitatea de acumulare a apei în sol (Fig. 5.16.). De aceasta depinde în mare măsură posibilitatea de adaptare la secete, care devin din ce în ce mai frecvente în ultimii ani.

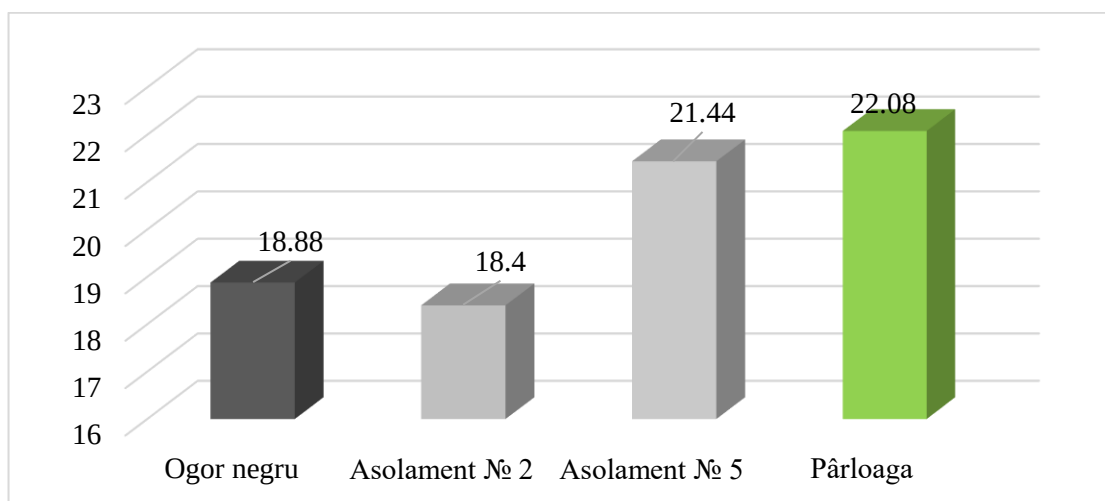


Fig. 5.16. Capacitatea de câmp a solului pe variantele studiate, vara anului 2020, ICCC „Selecția”, %

Rezultatele cercetărilor noastre confirmă legătura dintre proprietățile solului descrise mai sus și capacitatea de câmp. Astfel, pe variantele cu conținut mai redus de MOS, capacitatea de câmp este mai mică, și invers. Prin urmare, putem menționa că pentru a spori adaptabilitatea la secete, care deseori sunt determinate de repartizarea neuniformă a precipitațiilor de-a lungul anului agricol, este strict necesar să majorăm capacitatea solului de a stoca apa din depunerile atmosferice. Acest lucru este posibil doar în cazul majorării conținutului de materie organică în sol, cu reducerea concomitentă a perturbanței mecanice a solului.

Concluzii la Capitolul 5:

1. Sănătatea (calitatea) solului este capacitatea acestuia de a susține viața plantelor și a altor organisme într-un mod echilibrat și sustenabil, cu acordarea serviciilor ecosistemice și sociale. Indicele integral al fertilității solului este conținutul de carbon organic în sol.

2. Cultivarea ierburilor leguminoase perene în asolament favorizează acumularea COS, în special în straturile mai adânci, ceea ce este principal de important în condițiile anilor secetoși, ceea ce determină un nivel de producție mai înalt.

3. Ogorul negru în asolament contribuie la reducerea COS în sol, fiind unul din cele mai distructive procedee agrotehnice.

4. Formele mobile de macronutrienți în sol (NPK) variază în dependență de an, asolament, fertilizare, perioada de prelevare a probelor de sol. Cantitatea de azot prezentă în sol sub formă de nitrați NO_3 variază semnificativ în funcție de condițiile anului, fiind mai ridicat în cazul anilor cu exces de umiditate în sol și respectiv mai redus în anii secetoși.

5. Pericolul levigării nitraților este mai mic la includerea ierburilor perene în asolament, în deosebi în anii cu exces de umiditate.

6. Conținutul de P_2O_5 și K_2O în ambele experiențe de lungă durată s-a dovedit a fi mai ridicat în majoritatea cazurilor în condiții cu o cantitate mai înaltă a precipitațiilor căzute pe parcursul perioadei de vegetație a culturilor studiate. Tendința majorării conținutului de fosfor mobil în sol la includerea ierburilor perene în asolament indică la o capacitate mai înaltă de folosire a fosforului din îngrășămintele minerale, care necesită cercetări suplimentare.

7. Datele experimentale obținute demonstrează legătura strânsă dintre conținutul de COS din sol și proprietățile agrofizice ale acestuia. Ele se îmbunătățesc odată cu creșterea COS.

8. Cultivarea ierburilor leguminoase în asolament contribuie la apropierea ecosistemelor agricole de cele naturale, prin: acoperirea solului pentru o perioadă mai îndelungată de timp; excluderea distorbanței mecanice pentru o perioadă de 3 ani și prin încorporarea unei cantități mai mari de materie organică în sol.

9. Ameliorarea proprietăților agrofizice ale solului prin creșterea conținutului de MOS și reducerea distorbanței acestuia este strict necesară în contextul adaptării ecosistemelor agricole la schimbările climatice.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

În urma elaborării tezei de doctor putem menționa următoarele concluzii generale:

1. Solurile din Republica Moldova sunt expuse unui pericol alarmant de degradare din cauza gestionării lor iraționale, caracterizată de practici agricole intensive orientate mai mult spre profit economic.

2. Imitarea ecosistemelor naturale de către cele agricole, prin utilizarea practicilor agricole conservative, cu excluderea lucrării solului, și păstrarea suprafeței acestuia permanent acoperite, permite realizarea adaptării agroecosistemelor la schimbările climatice, provocate de încălzirea globală și reduce impactul negativ al factorilor biotici și abiotici de cultivare a culturilor.

3. Folosirea tehnologiei No-till, la cultivarea grâului de toamnă după porumb pentru boabe favorizează acumularea apei în sol. Astfel, capacitatea de acumulare a apei în sol din precipitații variază de la 87,1-100%, în medie pentru 3 ani, și 76,3-95,4 % în anul secetos 2020.

4. Aplicarea resturilor vegetale în lipsa fertilizării contribuie la acumularea mai bună a apei în sol, indiferent de doza de resturi vegetale utilizată.

5. Includerea ierburilor perene în asolament, facilitează acumularea carbonului pe întreg profilul solului. Conținutul de COS în stratul de sol 0-100 cm a constituit - 1,95 % în asolament cu lucernă și respectiv 1,68 % în asolament cu ogor negru.

6. Conținutul înalt de COS, asigură structura grăunțoasă a solului și îmbunătățește capacitatea de acumulare a apei. Prim urmare, îmbunătățirea proprietăților agrofizice poate asigura o adaptare mai bună la schimbările climatice.

7. Orzul de toamnă reacționează mai accentuat la fertilizare comparativ cu grâul de toamnă. În anii favorabili sporul de producție de la fertilizare a constituit – 2,27 t/ha sau 135%, comparativ cu fondul nefertilizat. Totodată, reacția la premergător în astfel de condiții este nesemnificativă.

8. Grâul de toamnă reacționează mai mult la asolament și premergător decât la fertilizare. Rolul premergătorului crește considerabil în condiții de secetă.

9. Fertilizarea în condiții cu exces de umiditate poate cauza pierderi semnificative de recoltă de boabe din cauza creșterii abundente a biomasei aeriene a plantelor și păturirii.

RECOMANDĂRI

Prin urmare se recomandă:

1. Republica Moldova are nevoie de intensificarea cercetărilor științifice fundamentale și aplicative în vederea elaborării unui nou sistem de agricultură, bazat pe managementul durabil (regenerativ) al resurselor de sol, ca element esențial în procesul de adaptare la schimbările climatice.

2. În vederea adaptării ecosistemelor agricole la schimbările climatice recomandăm reducerea sau excluderea disturbăței mecanice a solului, cu menținerea suprafeței acestuia permanent acoperite, cu mulci vii sau mort.

3. Solurile Republicii Moldova au nevoie de ameliorarea proprietăților agro-fizice, de aceea, includerea amestecului de ierburi leguminoase și graminee perene în asolament este crucial de importantă.

4. Culturile cerealiere păioase de toamnă pot fi cultivate cu succes folosind semănatul direct, cu respectarea asolamentului, chiar și după premergători târzii, precum și în lipsa mijloacelor chimice de combatere a bolilor, dăunătorilor și buruienilor la respectarea întregului sistem de agricultură.

5. La cultivarea grâului de toamnă indiferent de tehnologia de cultivare aplicată, este important să se țină cont de premergător, în special în anii secetoși. În astfel de condiții premergătorului îi revine o importanță mai mare decât fertilizării.

6. Pentru a evita pătulirea plantelor de grâu de toamnă și orz de toamnă în anii favorabili este important de administrat o fertilizare echilibrată, cu accent pe soiuri rezistente la pătulire.

BIBLIOGRAFIE

1. ALSAADAWI, I.S., SARBOUT, A.K., AL-SHAMMA, L.M. Differential allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes on weeds and wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. In: *Archives of Agronomy and Soil Science*. [on-line] 2011, pp. 1-10 DOI:10.1080/03650340.2011.570335 [citat 15 mai 2018]. Disponibil: <http://surl.li/eeers>
2. ANDERSON, J.P.E., DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. In: *Soil Biol. Biochem.*, 1978. Vol. 10. No 3. P. 215-221. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8). [citat 30 iunie 2016]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071778900998>
3. ANDERSON, R.L. Diversity and no-till: Keys for pest management in the U.S. Great Plains. In: *Weed Science Society of America* 56.[on-line], 2008, pp. 141–145, DOI:10.1614/WS-07-007.1, [citat 09 iulie 2018]. Disponibil: <http://surl.li/eeemw>
4. ANDERSSON, J.A., D’SOUZA, S. From adoption claims to understanding farmersand contexts: A literature review of Conservation Agriculture (CA) adoptionamong smallholder farmers in southern Africa. In: *Agric. Ecosyst. Environ.* 187. [on-line] 2014, pp. 116–132 [citat 23 iunie 2020]. Disponibil: <http://surl.li/eeepe>
5. ANDRIUCĂ, Valentina, BACEAN, Ion, CAZMALÎ, Nicolai, COJOCARU, Olesea, MELNIC, Rodica. Influența benefică a sistemului conservativ de lucrare no -till asupra densității aparente și umidității solurilor silvostepii podișului de nord a Republicii Moldova. In: *Cercetarea și gestionarea resurselor de sol”, conferință științifică cu participare internațională*, Ed. Editia 1, 8-9 septembrie 2017, Chișinău. Chișinău: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2017, pp. 139-150. ISBN 978-9975-71-931-5. [citat 10 septembrie 2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/186305
6. ARYAL, J.P. et al. On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: a case of north-west india. In: *Experimental Agriculture*, 51(1), 2015, pp. 1–16. DOI:10.1017/S001447971400012X. [citat 27 septembrie 2024]. Disponibil: <https://www.cambridge.org/core/journals/experimental-agriculture/article/onfarm-economic-and-environmental-impact-of-zero-tillage-wheat-a-case-of-northwest-india/8BD7131593350B9D2E05A451387FE071#article>
7. ASCARD, J., HATCHER, P.E., MELANDER, B., UPADHYAY, M.K. Thermal weed control. In: *Upadhaya MK, Blackshaw RE. Nonchemical weed management. Principles, Concepts and Technology*. CABI, London, UK [on-line]. 2007, DOI: 10.1079/9781845932909.0155, [citat 30 octombrie 2020]. Disponibil: <http://surl.li/eeeqs>

8. BALTAG, Grigore. Analiza comparativă a eficienței economice a utilizării nutrienților în sistemele convențional și conservativ de lucrare a solului. In: *Economica*, 2020, nr. 1(111), pp. 22-33. ISSN 1810-9136. [citat 24 septembrie 2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/103379
9. BASHOUR, A., AI-OU DA, A., KASSAM, A., BACHOUR, R., JOUNI, K., HANSMANN, B. and ESTEPHAN, C. An overview of conservation agriculture in the dry Mediterranean environments with special focus in Syria and Lebanon. In: *AIMS Agriculture and Food* 1(1):67-84 [on-line]. 2016. DOI: 10.3934/agrfood.2016.1.67. [citat 17 august 2023]. Disponibil: <http://surl.li/edyid>
10. BAUMHARDT, R. L., SCHWARTZ, R., HOWELL, T., EVETT, S. R. and COLAIZZI, P. Residue management effects on water use and yield of deficit irrigated corn. In: *Agronomy Journal* 105(4):1035. [on-line], 2013, pp. 1035-1044. DOI:10.2134/agronj2012.0362. [citat 22 noiembrie 2018]. Disponibil: <http://surl.li/edyie>
11. BHAN, S., BEHERA, U. K. Conservation agriculture in India – Problems, prospects and policy issues. In: *International Soil and Water Conservation Research*, Vol. 2, No. 4, 2014, pp. 1-12. [citat 23 mai 2021]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/275412376_Conservation_agriculture_in_India_-_Problems_prospects_and_policy_issues
12. BISTA, A., JOSHI, T., BISWOKARMA, K., and YADAV, S. . Agronomic and Environmental Aspects of Conservation Agriculture on Wheat Crop Production. In: *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 7(2), 2019, 161–166. DOI: <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v7i2.24637> [citat 12 septembrie 2024]. Disponibil: <https://oaji.net/articles/2019/475-1563764940.pdf>
13. BOINCEAN, B., DENT, D. *Farming the Black Earth - Sustainable and Climate-Smart Management of Chernozem Soils*. Springer Nature Switzerland AG, 2019, 236 p. ISBN 978-3-030-22532-2.
14. BOINCEAN, B., DENT, D., *Management durabil și rezilient al solurilor de cernoziom*. Chișinău: Ed. Prut Internațional, 2020. pag. 80-129. ISBN 978-9975-54-486-3
15. BOINCEAN, B., SIDOROV, M. *Agrotehnica*. Bălți: Presa universitară bălțeană, 2006, pag. 298. ISBN: 978-9975-9544-9-5
16. BOINCEAN, Boris, DENT, David. Soil fertility-the only possible foundation for more sustainable agriculture [on-line]. In: *BIO WEB OF CONFERENCES*, 2020, France: EDP Sciences, vol. 17, p. 00119. ISSN- 2117-4458 (Online).). [citat 30 iunie 2023]. Disponibil: <https://www.bio->

conferences.org/articles/bioconf/abs/2020/01/bioconf_fies2020_00119/bioconf_fies2020_00119.html

17. BOINCEAN, Boris, MARTEA, Mircea, CEBANU, Dorin. Long-term irrigation and fertilization of Typical Chernozem on the Bălți Steppe of Moldova. In: *Tropical Agriculture Association*, 2021, pp. 291-302. ISBN 978-3-030-72223-4
18. BOINCEAN, Boris. Asolamentul Și fertilitatea solului – factori limitativi în asigurarea dezvoltării durabile a agriculturii în Republica Moldova. In: *ȘTIINȚE AGRICOLE*. 2021, pp 101-110, CZU: [631.452+631.582] (478)
19. BULLIED, W. J., MARGINET A. M., and VAN ACKER R. C. Conventional- and conservation-tillage systems influence emergence periodicity of annual weed species in canola. In: *Weed Sci.* 51 [on-line]. 2003, pp. 886–897. DOI: <https://doi.org/10.1614/P2002-117>. [citât 28 august 2018].
20. BUOL, S.W., SOUTHARD, R.J., GRAHAM, R.C. and McDANIEL, P.A. (2011) *Soil Genesis and Classification*. 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc., West Sussex. 2011, 531 p., DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470960622>
21. CAMERON M. Pittelkow and XINQIANG Liang et al. "Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. In: *Nature*, vol. 517(7534), 2015, pages 365-368, January. DOI: 10.1038/nature13809. [citât 10 septembrie 2024] Disponibil: https://ideas.repec.org/a/nat/nature/v517y2015i7534d10.1038_nature13809.html#author-abstract
22. CAMERON, M., BRUCE, A., et al. When does no-till yield more? A global meta-analysis [on-line]. In: *Field Crops Research*. 2015, p. 156-168 [citât 11 decembrie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/edyjg>
23. CEBANU, Dorin, BOINCEAN, Boris, CEBOTARI, Marin, DENT, David. No-till for cereal crops on the Bălți Steppe of Moldova. In: *Tropical Agriculture Association*, 2021, pp. 281-290. ISBN 978-3-030-72223-4.
24. CEBANU, Dorin. Folosirea tehnologiei No-till la cultivarea grâului de toamnă în vederea sporirii capacității de acumulare a apei în sol și reducerii cheltuielilor de combustibil. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. 2022, pp 58-64
25. CEBANU, Dorin. Folosirea tehnologiei No-till la cultivarea grâului de toamnă în vederea sporirii capacității de acumulare a apei în sol și reducerii cheltuielilor de combustibil. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2022, nr. 1(64), pp. 58-64. ISSN 1857-0461. DOI: 10.52673/18570461.22.1-64.08

26. CEBANU, Dorin. Greater soil water harvesting and crop yields with no-till and crop-residue retention. In: *Protecția plantelor - realizări și perspective*, Ed. 57, 2-3 octombrie 2023, Кишинев. Кишинев: Tipografia "Print-Caro", 2023, nr.58, pp. 112-121. ISBN 978-9975-62-563-0.
27. CERBARI, Valerian, LEAH, Tamara. Preventative restoration of Ordinary Chernozem before implementing zero tillage. In: *Tropical Agriculture Association*, 2021, pp. 177-183. ISBN 978-3-030-72223-4. DOI: 10.1007/978-3-030-72224-1_15 [citat 10 septembrie 2024]
Disponibil: https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/182066
28. CHAUHAN, B. S. and JOHNSON D. E. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics [on-line]. In: *Adv. Agron. Nr.105*, 2010, pp. 221–262, DOI:10.1016/S0065-2113(10)05006-6, [citat 13 octombrie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/eeelc>
29. CHAUHAN, B. S., GILL, G., and PRESTON, C. Seedling recruitment pattern and depth of recruitment of 10 weed species in minimum tillage and no-till seeding systems. In: *Weed Sci.* 54. [on-line], 2006, pp. 658–668. DOI: 10.1614/WS-05-135R.1 [citat 17 mai 2023]. Disponibil: <http://surl.li/eeejz>
30. CHAUHAN, B. S., GILL, G., and PRESTON, C. Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: a review . [on-line]. In: *Aust. J. Exp. Agric. Nr. 46*, 2006, pp. 1557–1570. DOI: 10.1071/EA05291, [citat 06 februarie 2021]. Disponibil: <http://surl.li/eeekn>
31. CHAUHAN, B.S., GILL, G.S., PRESTON, C. 2006. Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and percistence: a review [on-line]. In: *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46(12), 2006. DOI:10.1071/EA05291. [citat 10 iulie 2018].
Disponibil:
https://www.researchgate.net/publication/240507752_Tillage_system_effects_on_weed_ecology_herbicide_activity_and_persistence_A_review
32. CHEEMA, Z.A., ASIM, M., KHALIQ, A. Sorghum allelopathy for weed control in cotton (*Gossypium arboreum* L.) [on-line]. In: *International Journal of Agriculture and Biology*. 2000, pp.37-41, [citat 15 iulie 2023]. Disponibil: <http://surl.li/eeeqe>
33. CHEEMA, Z.A., KHALIQ, A. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in semi -arid region of Punjab [on-line]. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2000, pp. 105–112, [citat 11 iulie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/eeepy>
34. COJOCARU, Olesea, PANFIL, Gheorghe, PANFIL, Petru. Agricultura No-till – realizare remarcabilă în nordul Republicii Moldova. In: *Creșterea economică în condițiile globalizării*,

- Ed. 15, 15-16 octombrie 2021, Chişinău. Chisinau, Moldova: INCE, 2021, Ediția 15, Vol.1, pp. 271-279. ISBN 978-9975-3529-7-0. [citată 15 septembrie 2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/156820
35. COLLINS, N.E., KIMBLE, L.J., WILLIAMS, T.H. Energy requirements for tillage on coastal plains soils. In: *Lockeretz W*, editor. *Agriculture and energy*. New York: Academic Press; 1976. p. 233–44.
 36. Conservation Agriculture (CA). FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. [citată 24 iunie 2023]. Disponibil: <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/conservation-agriculture/en/>
 37. DELGADO, Jorge A., GROFFMAN, Peter M., NEARING, Mark A., GODDARD, Tom, REICOSKY, Don, LAL, Rattan, KITCHEN, Newell R., RICE, Charles W., TOWER, Dan, SALON, Paul. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change [on-line]. In: *Journal of Soil and Water Conservation*. 2011, pp 118a-129a, DOI <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.118A>, [citată 11 septembrie 2018]. Disponibil: <https://www.jswconline.org/content/66/4/118A>
 38. DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating science into practice [on-line]. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88(2), 119–27. 2002. DOI:10.1016/S0167-8809(01)00246-8. [citată 18 aprilie 2012]. Disponibil: <http://surl.li/edykg>
 39. DORAN, J., PARKIN, T. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set [on-line]. In: *Method for assessing soil quality, J.W. Doran and A.J. Jones (Eds.). Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 49*, 1996, pp. 25-37. 11 [citată 14 august 2022]. Disponibil: <http://surl.li/edyjt>
 40. DORAN, J.W., ZEISS, M.R. ‘Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality’, *Applied Soil Ecology* [on-line]. In: *Applied Soil Ecology* 15(1):3-11 2000. DOI: 10.1016/S0929-1393(00)00067-6. [citată 06 noiembrie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/edyjy>
 41. DU, C.; Li, L.; XIE, J.; EFFAH, Z.; LUO, Z.; WANG, L. Long-Term Conservation Tillage Increases Yield and Water Use Efficiency of Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) by Regulating Substances Related to Stress on the Semi-Arid Loess Plateau of China. In: *Agronomy* 2023, 13, 1301. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13051301>. [citată 27 septembrie 2024]. Disponibil: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/5/1301>

42. DUMANSKI, J., PEIRETTI, R., BENETIS, J., MCGARRY, D. and PIERI, C. 2006. The paradigm of conservation tillage [on-line]. In: *Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv.*, P1: 58 [citat 11 iulie 2018]. Disponibil: <http://surl.li/eqpdx>
43. DUMANSKI, J., PEIRETTI, R., BENETIS, J., MCGARRY, D., and PIERI, C. The paradigm of conservation tillage [on-line]. In: *Proceedings of World Association of Soil and Water Conservation*, P1, 58-64. 2006. [citat 29 mai 2022]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/284061910_The_paradigm_of_conservation_tillage
44. ENTZ, M., BULLIED, W., KATEPA-MUPONDWA, F. Rotational benefits of forage crops in Canadian prairie cropping systems [on-line]. In: *J. Prod. Agric.* 8. 1995, pp. 521–529, DOI: 10.2134/jpa1995.0521, [citat 13 mai 2021]. Disponibil: <http://surl.li/eeenw>
45. FAROOQ, M., BAJWA, A.A., CHEEMA, S.A., CHEEMA, Z.A. Application of allelopathy in crop production [on-line]. In: *International Journal of Agriculture and Biology*. 2013, pp. 113-144, DOI: 10.1007/978-3-642-30595-5_6 [citat 11 iulie 2022]. Disponibil: <http://surl.li/eeesg>
46. FAROOQ, M., FLOWER, K., JORBAN, K., WAHID, A. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture [on-line]. In: *Soil and Tillage Research*, Nr. 117. 2011, pp.172-183. [citat 11 iulie 2022]. Disponibil: <http://surl.li/edyis>
47. FAROOQ, M., SIDDIQUE, K. Conservation Agriculture: Concepts, Brief History, and Impacts on Agricultural Systems [on-line]. In: *Farooq, M., Siddique, K. (eds) Conservation Agriculture*. Springer, Cham. 2015, pp. 3-17 [citat 11 iulie 2022]. Disponibil: https://doi.org/10.1007/978-3-319-11620-4_1
48. FRANKE, A. C., SINGH S., MCROBERTS N., A. NEHRA S., GODARA S., MALIK, R. K., and MARSHALL, G. Phalaris minor seedbank studies: longevity, seedling emergence and seed production as affected by tillage regime [on-line]. In: *Weed Res.* Nr. 47, 2007, pp. 73–83. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2007.00533.x. [citat 11 iulie 2022]. Disponibil: <http://surl.li/eeeig>
49. GATHALA, M. K., LADHA, J. K., KUMAR V., SAHARAWAT, Y. S., SHARMA, P. K., SHARMA, S. and PATHAK, H. Tillage and crop establishment affects sustainability of South Asian rice-wheat system [on-line]. In: *Agronomy Journal*, vol.103, nr.4. 2011, pp. 961-971. DOI:10.2134/agronj2010.0394 [citat 13 iulie 2022]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/235906589_Tillage_and_Crop_Establishment_Affects_Sustainability_of_South_Asian_Rice-Wheat_System

50. GATHALA, M. K., LADHA, J. K., SAHARAWAT, Y. S., KUMAR, V., KUMAR, V., SHARMA, P. K. Effect of Tillage and Crop Establishment Methods on Physical Properties of a Medium-Textured Soil under a Seven-Year Rice – Wheat Rotation [on-line]. In: *Soil Science Society of America Journal*, nr.75, 2011, pp.1851-1862. DOI:10.2136/sssaj2010.0362. [citat 15 iulie 2022]. Disponibil: <http://surl.li/eeehm>
51. GHOSH, P. K., DAS, A., SAHA, R., KHARKRANG, E., TRIPATHY, A. K., MUNDA, G. C., and NGACHAN, S.V. Conservation agriculture towards achieving food security in north east India [on-line]. In: *CURRENT SCIENCE*, Vol. 99, Nr.. 7. 2010, pp. 915-921 [citat 17 iulie 2022]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/263319401_Consevation_agriculture_towards_a_chieving_food_security_in_North_East_India
52. HONTORIA, C., GÓMEZ-PACCARD, C., MARISCAL-SANCHO, I., BENITO, M., PÉREZ, J., and ESPEJO, R. Aggregate size distribution and associated organic C and N under different tillage systems and Ca-amendment in a de-graded Ultisol [on-line]. In: *Soil and Tillage Research*, nr. 160, pp. 42-52, 2016. [citat 11 iulie 2022]. Disponibil: <http://surl.li/eeeees>
53. HUANG, G. B., ZHANG, R. Z., LI, G. D., LI, L. L., CHAN, K. Y., HENAN, D. P., CHEN, W., UNKOVICH, M. J., ROBERTSON, M. J., CULLIS, B. R. and BELLOTTI, B. D. Productivity and sustainability of a spring wheat-field pea rotation in a semi arid environment under conventional and conservation tillage system [on-line]. In: *Field Crops Research*, vol. 107 nr. 1. 2008, pp. 43-55. DOI:10.1016/j.fcr.2007.12.011 [citat 26 martie 2022]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/257213602_Productivity_and_sustainability_of_a_spring_wheat-field_pea_rotation_in_a_semi_arid_environment_under_conventional_and_conservation_tillage_systems
54. HUGGINS, David R., REGANOLD, John P. No-Till: The Quiet Revolution [on-line]. In: *Scientific American*, 2008, pp-70-77, DOI:10.1038/scientificamerican0708-7, [citat 25 august 2022]. Disponibil: <http://surl.li/eqpdb>
55. JABRO, J. D., STEVENS, W. B., EVANS, R. G. and IVERSEN, W. M. Tillage effects on physical properties in two soils of the Northern Great Plains [on-line]. In: *Applied Engineering and Agriculture*, 2009. DOI: 10.13031/2013.26889 [citat 13 aprilie 2018]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/43286452_Tillage_Effects_on_Physical_Propertiees_in_Two_Soils_of_the_Northern_Great_Plains

56. JAT, R., SAHRAWAT, K., KASSAM, A. and FRIEDRICH T., Conservation Agriculture for Sustainable and Resilient Agriculture: Global Status, Prospects and Challenges. In: CAB International 2014. *Conservation Agriculture: Global Prospects and Challenges*. pp. 6
57. JAT, R., SAHRAWAT, K., KASSAM, A. and FRIEDRICH, T., Conservation Agriculture for Sustainable and Resilient Agriculture: Global Status, Prospects and Challenges [on-line]. In: CAB International 2014. *Conservation Agriculture: Global Prospects and Challenges*. 2014, 393p. ISBN: 9781780642598. [citat 24 martie 2021]. Disponibil: https://www.google.md/books/edition/Conservation_Agriculture/bRb4AgAAQBAJ?hl=ru&gbpv=0
58. JAT, R., SAHRAWAT, K., KASSAM, A., and FRIEDRICH, T., 2013. Conservation agriculture for sustainable and resilient agriculture: Global status, prospects and challenges. In *Conservation agriculture: Global prospects and challenges*, 2014, pp 1-25. ISBN: 9781780642598. [citat 16 iulie 2023]. Disponibil: https://www.google.md/books/edition/Conservation_Agriculture/bRb4AgAAQBAJ?hl=ru&gbpv=0
59. KAISI-AL, LAL, Rattan. Fundamentals and Functions of Soil Environment. In: Soil Health and Intensification of Agroecosystems. [on-line] 2017, pp. 1-23, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-805317-1.00001-4> [citat 23 iunie 2021]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128053171000014>
60. KARLEN, D. L. Soil health: the concept, its role, and strategies for monitoring [on-line]. In: WALL, D., BARDGETT, R. D., BEHAN-PELLETIER, V., HERRICK, J. E., JONES, T. H., RITZ, K., SIX, J., STRONG, D. R. and van der PUTTEN, W. H. (Eds), *Soil Ecology and Ecological Systems*. Oxford University Press, New York, NY, 2012, pp. 331–336. Chapter 5.3. [citat 17 mai 2022]. Disponibil: <http://surl.li/edyku>
61. KASSAM, A. and FRIEDRICH, T. *Conservation Agriculture: Global Perspectives and Developments*¹, Plant Production and Protection Division, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome, Italy
62. KASSAM, A. H. and FRIEDRICH, T. Perspectives on Nutrient Management in Conservation Agriculture [on-line]. In: *Invited paper, IV World Congress on Conservation Agriculture*, 4-7 February 2009, New Delhi, India.
63. KASSAM, A., FRIEDRICH, T., DERPSCH, R. Successful Experiences and Lessons from Conservation Agriculture Worldwide [on-line]. In: *Agronomy* 2022, vol. 12, p.769. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040769> [citat 11 iunie 2023] Disponibil: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/4/769>
64. KASSAM, A., FRIEDRICH, T., SHAXSON, F. and PRETTY, J. The spread of conservation agriculture: Justification, sustainability and uptake [on-line]. In: *International Journal of*

- Agricultural Sustainability*, vol.7, nr.4. 2009, pp. 292-320. DOI:10.3763/ijas.2009.0477. [citat 19 iulie 2021]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/232861957_The_Spread_of_Conservation_Agriculture_Justification_Sustainability_and_Uptake
65. KASSAM, A.H., FRIEDRICH, T., SHAXSON, F., PRETTY, J. The spread of Conservation Agriculture: justification, sustainability and uptake [on-line]. In: *International Journal of Agricultural Sustainability* vol., nr.4, 2009, pp. 1-29, DOI: 10.3763/ijas.2009.0477 [citat 15 septembrie 2022]. Disponibil: <http://surl.li/eeeot>
 66. KASSAM, A.H., FRIEDRICH, T., SHAXSON, F., PRETTY, J. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake [on-line]. In *International Journal of Agricultural Sustainability*, nr.7. 2009, pp.292-320. DOI:10.3763/ijas.2009.0477. [citat 13 iunie 2018]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/232861957_The_Spread_of_Conservation_Agriculture_Justification_Sustainability_and_Uptake
 67. KHALIQ, A., MATLOOB, A., IRSHAD, M.S., TANVEER, A., ZAMIR, M.S.I. Organic weed management in maize through integration of allelopathic crop residues [on-line]. In: *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 2010, pp. 409–420 ISSN : 1815-1094, [citat 3 aprilie 2017]. Disponibil: <http://surl.li/eeerh>
 68. KHAN, S. A., MULVANEY, R. L., ELLSWORTH, T. R., and BOAST, C. W. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. In: *Journal of environmental quality*, 2007, 36(6), 1821–1832. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0099>
 69. KOLLER, K. *Production de cereals sous labor*. Rev Suisse Agric 1996, pp.28-30.
 70. LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security [on-line]. In: *Science (Washington)*. Vol.304, 2004, pp. 1622-1627. DOI:10.1126/science.1097396 [citat 11 iulie 2012]. Disponibil: <http://surl.li/edylt>
 71. LAL, R., Constraints to adopting no-till farming indeveloping countries, In: *Soil Tillage Res.* (2007), DOI:10.1016/j.still.2007.02.002
 72. LAL, R. A system approach to conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* July 2015, 70 (4) 82A-88A; DOI: <https://doi.org/10.2489/jswc.70.4.82A>
 73. LAL, R. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. In: *Journal of Soil and Water Conservation*. May 2015, 70 (3) 55A-62A; DOI: <https://doi.org/10.2489/jswc.70.3.55A>
 74. LAL, R. Beyond Copenhagen: mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration [on-line]. In: *Food Security* 2(2), 2010, pp 169-177, DOI:10.1007/s12571-010-0060-9, [citat 9 mai 2019]. Disponibil:

- https://www.researchgate.net/publication/225482488_Beyond_Copenhagen_Mitigating_climate_change_and_achieving_food_security_through_soil_carbon_sequestration
75. LAL, R. Carbon emission from farm operations [on-line]. In: *Environment International*, vol.30, nr.7, 2004, pp 981-990, DOI:10.1016/j.envint.2004.03.005 [citat 13 octombrie 2020]. Disponibil: <http://surl.li/eqttl>
 76. LAL, R. Enhancing ecosystem services with no-till [on-line]. In: *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol.28 nr.2, 2013, pp 102-114, [citat 26 august 2020]. Disponibil: <https://www.jstor.org/stable/26334873>
 77. LAL, R. Soil carbon management and climate change [on-line]. In: *Carbon Management*, 2013, pp. 439-462, DOI: 10.4155/cmt.13.31 [citat 28 noiembrie 2019]. Disponibil: <https://doi.org/10.4155/cmt.13.31>
 78. LIEBMAN, M., GIBSON, L.R., SUNDBERG, D.N., HEGGENSTALLER, A.H., WESTERMAN, P.R., CHASE, C.A., HARTZLER, R.G., MENALLED, F.D., DAVIS, A.S., DIXON, P.M. Agronomic and economic performance characteristics of conventional and low-external-input cropping systems in the central corn belt [on-line]. In: *Agron. J.* vol.100, 2008, pp. 600–610. DOI: 10.2134/agronj2007.0222 [citat 17 mai 2021]. Disponibil: <http://surl.li/eeenn>
 79. MACRII, Lucia, CEBANU, Dorin, ZAHARCO, Dionisie, AVRAM, Alexandru. Alcătuirea structurală a cernoziomului tipic sub diverse practici agricole de lungă durată. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*, Ed. 6, 20-21 mai 2022, Bălți. Balti, Republic of Moldova: Tip. Indigou Color, 2022, Ediția 6, pp. 165-170.
 80. MEHRA, Promil, SINGH, Bhupinder Pal, KUNHIKRISHNAN, Anitha. Soil health and climate change: A critical nexus [on-line]. In: *Managing soil health for sustainable agriculture*, 2018, p 39-56, ISBN: 9781786763921.
 81. MIKHA, M. M., HERGERT, G. W., BENJAMIN, J. G., JABRO, J. D., and NIELSEN, R. A. Long-term manure impacts on soil aggregates and aggregate-associated carbon and nitrogen. In: *Soil Science Society of America Journal*, vol.79 nr.2, 2015, pp.626-636. DOI: 10.2136/sssaj2014.09.0348. [citat 24 noiembrie 2018]. Disponibil: <http://surl.li/edymo>
 82. MITCHELL, J. P., REICOSKY, D. C., KUENEMAN, E. A., FISHER, J. and BECK, D. Conservation agriculture systems [on-line]. In: *CAB Reviews* 2019 14, No. 001. ISSN 1749-8848 [citat 20 iulie 2023]. Disponibil: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/P.AVSNNR201914001>

83. MOHLER, C. L. and TEASDALE, J. R. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue [on-line]. In: *Weed Res.* vol. 33, 1993, pp. 487–499, DOI: 10.1111/j.1365-3180.1993.tb01965.x [citat 17 februarie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/eeelj>
84. MONDAL, S., SAHA, S., DAS, S.R., CHATTERJEE, D. (2024). Impact of Conservation Agriculture on Soil Health and Environmental Sustainability. In: *Climate Change Impacts on Soil-Plant-Atmosphere Continuum*. Advances in Global Change Research, vol 78. Springer, Singapore. ISBN: 978-981-99-7934-9
85. MONTGOMERY, D. R. *Dirt: The erosion of civilizations*. [on-line] Переведено на Русский Хафиза Муминджанова. Анкара: Субрегиональное отделение по Центральной Азии. 2015, 434 с. ISBN 978-92-5-408766-1 (FAO). [citat 30 iunie 2022]. Disponibil: <https://www.fao.org/3/i4603r/i4603r.pdf>
86. MONTGOMERY, D.R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.104, pp.13268-13272. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104>. [citat 19 mai 2018]. Disponibil: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0611508104>
87. NABAYI, A., GIREI, A.H., MAHMUD, A.T., ONOKEBHAGBE, V. O., YUSIF, S.A., SANTURAKI, H. A. and NZAMOUHE M., Review of various studies of tillage practices on some soil physical and biological properties [on-line]. In: *Nigerian Journal of Soil Science*. NJSS vol. 31, nr.3, 2021, pp. 95-104. ISSN– 2736-1411. [citat 20 iunie 2020]. Disponibil: <http://surl.li/eqped>
88. NICHOLSA, Virginia, VERHULST, Nele, COX, Rachael, GOVAERTS, Bram. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. In : *Field Crops Research*. 183 [on-line], 2015, pp. 56–68, DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.012 [citat 07 septembrie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/eeeml>
89. NIMMO, J.R. Porosity and Pore Size Distribution. In: Hillel, D., Ed., *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Elsevier, London, 2004, pp. 295-303.
90. NRCS. *Natural resources conservation services: soil health*. 2018. [citat 11 noiembrie 2018]. Disponibil: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health>
91. OLIVER, M. A. and GREGORY, P. J. Soil, food security and human health: a review [on-line]. In: *European Journal of Soil Science*, vol.66, nr.2, 2015, pp.257–276. DOI:10.1111/ejss.12216. [citat 02 aprilie 2018]. Disponibil: <http://surl.li/edyli>
92. OMINSKI, P., ENTZ, M. Eliminating soil disturbance reduces post-alfalfa summer annual weed populations [on-lne]. In: *Can. J. Plant Sci.* 2001, pp. 881–884. DOI: 10.4141/P01-042 [citat 21 august 2021]. Disponibil: <http://surl.li/eeeo>

93. RAZAFIMBELO, T. M., ALBRECHT, A., OLIVER, R., CHEVALLIER, T., CHAPUIS-LARDY, L., and FELLER, C. Aggregate associated-C and physical protection in a tropical clayey soil under Malagasy conventional and no-tillage systems [on-line]. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 98nr. 2, 2008, pp. 140-149., DOI:10.1016/j.still.2007.10.012. [citat 5 iulie 2018] Disponibil: <http://surl.li/edyms>
94. REICOSKY, D. C. Cover Crop Mixes for Diversity, Carbon and Conservation Agriculture [on-line]. In: „*Cover Crops and Sustainable Agriculture*” , 2021, pp. 169-208, DOI:10.1201/9781003187301-11 [citat 09 ьфш 2022]. Disponibil: <http://surl.li/edyji>
95. REICOSKY, D.C. 2021. Carbon Management in Conservation Agriculture Systems [on-line]. In: Dent, D., Boincean, B. (eds) *Regenerative Agriculture*. Springer, Cham. 2021, pp. 33-45. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72224-1_3. [citat 30 iunie 2023]. Disponibil: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-72224-1_3#citeas
96. REICOSKY, Don C. Carbon Management in Conservation Agriculture Systems [on-line]. In: *Regenerative Agriculture*, Springer Nature Switzerland AG 2021, pp 33-45, [citat 14 martie 2022]. Disponibil: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72224-1_3
97. SADEGHPOUR, A., KETTERINGS, Q. M., VERMEYLEN, F., GOD-WIN, G. S., & CZYMMEK, K. J. Soil properties under nitrogen-vs phosphorus-based manure and com-post management of corn [on-line]. In: *Soil Science Society of America Journal*, vol.80, nr.5, 2006, pp. 1272-1282. [citat 01 iunie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/edymh>
98. SEITZ, S., GOEBES, P., PUERTA, V. L., PEREIRA, E. I. P., WITT-WER, R., SIX, J., and SCHOLTEN, T. Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. In: *Agronomy for Sustainable Development*, vol.39, nr.1, 2019, pp. 1-10. DOI: 10.1007/s13593-018-0545-z [citat 17 mai 2020]. Disponibil: <http://surl.li/edymz>
99. SHAXSON, F., KASSAM, A., FRIEDRICH, T., BODDEY, B. and ADEKUNLE, A. Underpinning conservation agriculture’s benefits: the roots of soil health and function [on-line]. In: *Workshop on Investing in Sustainable Crop Intensification: The Case for Improving Soil Health*, 22–24 July. FAO, Rome, Italy, 2008. [citat 25 octombrie 2023]. Disponibil: http://www.fao.org/AG/CA/doc/SHW_MainDoc_0708 .pdf.
100. SINGH, G. Integrated weed management in direct-seeded rice. In: *Direct Seeding of Rice and Weed Management in the Irrigated Rice-Wheat Cropping System of the Indo- Gangetic Plains*. (Eds. Singh Y, Singh VP, Chauhan B, Orr A, Mortimer AM, Johnson DE and Hardy B. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines and Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, India. 2008, pp. 161-175. ISBN: 9789712202940

101. SINGH, V.P., BARMAN, K.K., RAGHWENDRA, Singh, SINGH, P.K., SHARMA, A.R. Weed management in conservation agriculture system [on-line]. In: *ICAR - Directorate of Weed Research*. Jabalpur, India, 2015, 60p. [citat 5 septembrie 2022]. Disponibil: https://dwr.icar.gov.in/Downloads/Technical_Bulletin/Technical%20Bulletin%20No%20-%2010%20%20Weed%20management%20in%20conservation%20agriculture%20system.pdf
102. Soil Science Society of America. Finding The Real Potential Of No-till Farming For Sequestering Carbon. In: *ScienceDaily*. ScienceDaily, 7 May 2008. [citat 113 septembrie 2024] Disponibil: <https://www.sciencedaily.com/releases/2008/05/080506103032.htm>
103. STRUDLEY, M. W., GREEN, T. R., and ASCOUG, J. C. Tillage effect on soil hydraulic properties in space and time: State of the science [on-line]. In: *Soil Research*, 2008, 42p. DOI:10.1016/j.still.2008.01.007. [citat 16 mai 2019]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/222690667_Tillage_effects_on_soil_hydraulic_properties_in_space_and_time_State_of_the_science
104. SWANTON, C.J., CLEMENTS , D.R., DERKSEN, D.A. Weed succession underconservation tillage: a hierarchical framework for research and management [on-line]. In: *Weed Technol.* 7, 1993, pp. 286–297, [citat 25 august 2018]. Disponibil: <http://surl.li/eeeeoh>
105. SWANTON, C.J., SHRESTHA, A., KNEZEVIC, S.Z., ROY, R.C., BALL-COELHO, B.R. Influence of tillage type on vertical weed seedbank distribution in a sandy soil [on-line]. In: *Can J Plant Sci.* 2000, pp.455-457. [citat 18 iulie 2018]. Disponibil: <http://surl.li/eeeiw>
106. WARD, M. J., RYAN, M. R., CURRAN, W. S., BARBERCHECK, M. E., and MORTENSEN, D. A. 2011. Cover crops and disturbance influence activity-density of weed seed predators *Amara aenea* and *Harpalus pensylvanicus* (Coleoptera: Carabidae) [on-line]. In: *Weed Sci.* nr.59, 2011, pp. 76–81. DOI:10.2307/23018709, [citat 10 mai 2018]. Disponibil: <http://surl.li/eeekh>
107. WEIL, Raymond and BRADY, Nyle. *The Nature and Properties of Soils*. 15th edition. Pearson Education, 2017, ISBN: 978-0133254488
108. ZHANG, Shaoliang and ZHANG, Xingyi and LIU, Xiaobing. (2013). Spatial distribution of soil nutrient at depth in black soil of Northeast China: A case study of soil available potassium. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Springer, 2013, pp. 320-330. DOI:10.1007/s10705-013-9565-x
109. ZHAO, X., LIU, S. L., PU, C., ZHANG, X. Q., XUE, J. F., REN, Y. X., and ZHANG, H. L. Crop yields under no-till farming in China: A meta-analysis [on-line]. In: *European*

- Journal of Agronomy*, nr.84, 2017, pp. 67-75. DOI:10.1016/j.eja.2016.11.009. [citat 8 august 2019]. Disponibil: <http://surl.li/eeeefo>
110. ZUBER, S. M., BEHNKE, G. D., NAFZIGER, E. D., and VILLAMIL, M. B. Crop rotation and tillage effects on soil physical and chemical properties in Illinois [on-line]. In: *Agronomy Journal*, vol.107, nr.3, 2015, pp. 971-978. DOI:10.2134/agronj14.0465. [citat 11 ianuarie 2019]. Disponibil: <http://surl.li/eeeeeg>
 111. АРИНУШКИНА, Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. Москва: МГУ, 1970, 488 с.
 112. БОИНЧАН, Б. П. *Экологическое земледелие в республике Молдова*. Chişinău, Ştiinţa 1999.
 113. БОИНЧАН, Борис, СТАДНИК, С., ЧЕБАНУ, Д., МАРТЯ, М. Минеральные удобрения и орошение – факторы разрушения почвенного плодородия и усиления глобального потепления. In: *Вызовы и возможности управления азотом в сельском хозяйстве*, Ed. Ediția 1, 23 martie 2021, Санкт-Петербург, Россия, pp. 7-11. ISBN ISBN 978-5-905200-45-8.
 114. ВОРОБЬЕВА, Л.А. *Химический анализ почв*. Москва: Издательство Московского университета, 1998, 271 с. ISBN: 5-211-03973-4.
 115. ДОСПЕХОВ, Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. 5-е изд., доп. и перераб. - Москва: Агропромиздат, 1985, 351 с.
 116. КРУПЕНИКОВ, И.А. *Черноземы (возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения)*, Кишинев: Pontos, 2008. - 290 с. - ISBN: 9789975102667.
 117. КУДРЯШЕВ, Г., ОВЧИННИКОВ, М. *Таблицы для вычисления влажности почвы*. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство. 1958 г., 483 с.
 118. Сокращение выбросов парниковых газов. IAEA - Международное агентство по атомной энергии. [citat 30 iunie 2023]. Disponibil: <https://www.iaea.org/ru/temy/sokrashchenie-vybrossov-parnikovyyh-gazov>

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, Cebanu Dorin, declar pe propria răspundere că materialele prezentate în teza de doctor se referă la propriile cercetări științifice, în caz contrar urmând să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Cebanu Dorin_____

Data:_____



Dorin Cebanu

📍 **Muncă** : Str. Calea Ieșilor, 28, 3101, Bălți, Moldova

✉ **E-mail**: mr.cebanu@gmail.com ✉ **E-mail**: dorin.cebanu@cncps.maia.gov.md

☎ **Telefon**: (+373) 69006784 📞 **WhatsApp Messenger**: +37369006784

📘 **Facebook**: <https://www.facebook.com/dorin.cebanu>

Gen: Masculin **Data nașterii**: 24/04/1991 **Cetățenie**: moldoveană

EXPERIENȚA PROFESIO- NALĂ

[02/01/2024 – În curs]

Director adjunct probleme științifice

Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor

Localitatea: mun. Bălți

Țara: Moldova

[01/11/2023 – În curs]

Expert în educația agricolă

Asociația pentru Dezvoltarea Comunicațiilor Electronice și Tehnologiilor Informaționale (ACETI)

Localitatea: mun. Bălți

Țara: Moldova

[29/09/2023 – 31/12/2023]

Director adjunct pe probleme de știință

Institutul de Cercetări pentru Culturi de Câmp „Selecția”

Localitatea: mun. Bălți

Țara: Moldova

[02/01/2020 – 31/12/2023]

Cercetător științific

Institutul de Cercetări pentru Culturi de Câmp „Selecția”

Adresă: 28, Calea Ieșilor street, 3101, mun. Bălți, Moldova

- Sistemul de agricultură conservativă;
- Sistemul de agricultură ecologică;
- Agricultură durabilă.

[18/02/2015 – 31/12/2019]

Cercetător științific stagiar

Institutul de Cercetări pentru Culturi de Câmp „Selecția”

Adresă: 28, Calea Ieșilor street, 3101, mun. Bălți, Moldova

- Sistemul de agricultură conservativă;
- Cercetări în experiența de câmp de lungă durată pe agricultura irigată.

EDUCAȚIE ȘI FORMARE PROFESIONALĂ

[10/2017 – 2020]

Doctorand

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Localitatea: mun. Chișinău

Țara: Moldova

[01/09/2013 – 13/06/2015]

Master în Științe ale Naturii, specializarea - Ecologie Agricolă

Universitatea de Stat din Bălți „Alec Russo” <https://usarb.md/>

Localitatea: mun. Bălți

Țara: Moldova

[01/09/2010 – 18/06/2013]

Licențiat în Științe ale Naturii, domeniul de formare - Ecologie

Universitatea de Stat din Bălți „Alec Russo” <https://usarb.md/>

Localitatea: mun. Bălți

Țara: Moldova

COMPETENȚE LINGVISTICE

Limbă(i) maternă(e): română

Altă limbă (Alte limbi):

engleză

COMPREHENSIUNE ORALĂ A2 **CITIT** A2 **SCRIS** A1

EXPRIMARE SCRISĂ A1 **CONVERSAȚIE** A1

rusă

COMPREHENSIUNE ORALĂ C2 **CITIT** C2 **SCRIS** B2

EXPRIMARE SCRISĂ B1 **CONVERSAȚIE** C1

Niveluri: A1 și A2 Utilizator de bază B1 și B2 Utilizator independent C1 și C2 Utilizator experimentat

COMPETENȚE DIGITALE

Social Media | Internet Explorer Edge Mozilla Google Chrome | buna utilizare a rețelilor de socializare | Microsoft Office | Microsoft office word | Zoom | Buna Utilizare a PC | Google Drive | Microsoft Word | Microsoft Excel | Utilizare buna a programelor de comunicare(mail messenger skype) | Microsoft Office (Excel PowerPoint Word) - nivel intermediar | Navigare Internet

CONFERINȚE ȘI SEMINARE

[13/03/2024 – 13/03/2024]

International Conference „Digital Innovation Hub - an important tool for Digital Transformation in the Republic of Moldova”

Chișinău

[2023]

International Scientific Symposium "Plant Protection- Achievements and Prospects"

[29/11/2019 – 30/11/2019]

International scientific "Towards Sustainable Agriculture- What's missing? Whad do we still need to know?"

Alec Russo Balti State University

PROIECTE

- [11/2023 – În curs] **Proiect „Edu-Tech-Agro-Nord Educația Tehnologică Agricolă pentru Nord”**
- [2019 – 2023] **ICARDA Project - "Strengthening Knowledge Management for Greater development Effectiveness in the Near East, North Africa, Central Asia and Europe" funded by IFAD.**
- [2020 – 2023] **Program de Stat „Managementul agroecologic a agroecosistemelor cu culturi de câmp adaptat la provocările agriculturii moderne din R. Moldova”**
- [2017 – 2021] **International project - Cross-sectoral impact assessment of drought in complex European basins (CROSSDRO) ERA NET AXIS Joint Call for Transnational Collaborative Research**
- [2020] **International project - Innovative options for integrated water resources management in the Mediterranean (INNOMED), HORIZON 2020**
- [2016] **International project - Monitoring soil fertility in the Republic of Moldova**
- [2015 – 2019] **Program de Stat - Managementul durabil a agroecosistemelor cu culturi de câmp pe cernoziomul tipic din Republica Moldova**
- [2018 – 2021] **Project Institutional Support within Organic Farming in Moldova (Czech Republic)**

DISTINCȚII ONORIFICE ȘI PREMII

- [2022] **Diplomă de onoare Instituția emitentă:** Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare
- [2023] **Diplomă de onoare Instituția emitentă:** Ministerul Educației și Cercetării

COMPETENȚE DE MA- NAGEMENT ȘI CONDU- CERE

- Motivare și inspirare a echipei**
- Comunicare eficientă**
- Adaptabilitate și flexibilitate**
- Înțelegerea și aplicarea principiilor de leadership**

BURSĂ DE STUDII

- Bursa de excelență oferită de Federația Mondială a Cercetătorilor (WFS) pentru anul 2020**