

DOI: 10.55505/SA.2025.2.03
UDC: 633.16: 631.582:631.8



INFLUENȚA ASOLAMENTULUI ȘI A FERTILIZĂRII ASUPRA PRODUCTIVITĂȚII ORZULUI DE TOAMNĂ SEMĂNAT DIRECT DUPĂ PORUMB PENTRU BOABE

Dorin CEBANU, ORCID: 0000-0003-0760-394X

Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor, Republica Moldova

Corespondență: Dorin CEBANU – e-mail: mr.cebanu@gmail.com

Abstract. The article presents the results of a long-term experiment conducted between 2015 and 2024 within an organic farming system (non-certified). The study focused on the influence of two types of crop rotation (one including perennial legume-grass mixtures and the other including annual legume-grass mixtures), as well as the effect of organo-mineral fertilization expressed through carry-over impact, on soil water reserves and yield of winter barley grown after grain corn under zero tillage conditions. The study analyzed two treatments: unfertilized and fertilized, without the use of plant protection products during the entire experimental period. Soil water reserves were determined down to a depth of 200 cm both in spring (at the regeneration of vegetation) and after harvest, in order to evaluate water use efficiency under conservation soil tillage conditions. The results indicate that crop rotations with annual legume-grass mixtures (vetch+oat) ensured higher grain yields, exceeding by 1.16-1.21 t/ha those obtained in rotations with perennial species (alfalfa+ryegrass), independently of fertilization. The residual effect of organo-mineral fertilization was limited and not statistically significant. The highest yields were obtained in years characterized by a moderate rainfall regime. The evolution of soil water reserves reflects the complex interaction between crop rotation structure, rainfall, and fertilization. The differences between the variants with perennial legume-grass mixtures and the annual legume-grass mixtures are significant, and the influence of fertilization varies depending on the year and the soil depth analyzed. The integration of vetch+oat mixture into the crop rotation system promotes efficient use of available moisture and high productivity in favorable thermal conditions, while crop rotations with alfalfa+ryegrass mixture can ensure a better resilience in dry years. The study provides a scientific basis for developing effective agroecological solutions aimed at the sustainable increase of winter barley yield, reduction of production costs, and mitigation of the negative effects of climate change on agricultural systems.

Keywords: *Winter barley; Zero tillage; Organic farming; Crop rotation; Fertilization; Productivity.*

Rezumat. Articolul prezintă rezultatele unui experiment de lungă durată desfășurat în perioada 2015–2024 în cadrul unui sistem de agricultură ecologică (necertificat). Studiul a vizat influența a două tipuri de asolament (cu amestec de ierburi leguminoase și graminee perene și amestec de leguminoase și graminee anuale), precum și impactul fertilizării organo-minerale, manifestată prin efectul de postacțiune, asupra rezervei de apă din sol și a producției orzului de toamnă cultivat după porumb pentru boabe, fiind aplicată tehnologia cu lucrarea zero a solului. Au fost analizate două variante: fond nefertilizat și fond fertilizat, fără utilizarea produselor de uz fitosanitar pe par-

cursul întregii perioade experimentale. A fost determinată rezerva de apă în sol până la adâncimea de 200 cm, atât în perioada de primăvară (la reînceperea vegetației), cât și după recoltare, pentru a evalua eficiența utilizării apei în condițiile sistemului conservativ de lucrare a solului. Rezultatele indică faptul că asolamentele cu ierburi leguminoase și graminee anuale (măzărache+ovăz) au asigurat producții de boabe mai ridicate, cu 1,16-1,21 t/ha față de cele cu amestec de specii perene (lucernă+raigraș), indiferent de fertilizare. Postacțiunea fertilizării organo-minerale a avut un efect redus și nesemnificativ statistic. Producțiile maxime s-au obținut în anii cu regim pluviometric moderat. Evoluția rezervelor de apă în sol reflectă interacțiunea complexă dintre structura asolamentului, regimul pluviometric și aplicarea fertilizării. Diferențele între variantele cu graminee+leguminoase perene și cele anuale sunt semnificative, iar influența fertilizării se manifestă în mod variabil în funcție de an și adâncimea solului analizată. Integrarea amestecului de măzărache+ovăz în asolament favorizează o valorificare eficientă a umidității disponibile și o productivitate ridicată în condiții termice favorabile, în timp ce asolamentele cu amestec de lucernă+raigraș pot asigura o mai bună reziliență în anii secetoși. Studiul permite fundamentarea unor soluții agroecologice eficiente pentru creșterea sustenabilă a producției de orz de toamnă, reducerea cheltuielilor de producere și atenuarea efectelor negative ale schimbărilor climatice asupra sistemelor agricole.

Cuvinte-cheie: Orz de toamnă; Lucrări zero ale solului; Agricultură ecologică; Asolament; Fertilizare; Productivitate.

INTRODUCERE

Sistemele agricole contemporane se află sub presiunea unor provocări multiple, generate de schimbările climatice, degradarea solurilor, volatilitatea prețurilor și necesitatea de a asigura securitatea alimentară în mod sustenabil. În acest context, identificarea unor sisteme de producere adaptate condițiilor pedoclimatice locale, cu un consum redus de resurse și impact minim asupra mediului, devine o prioritate strategică pentru cercetarea agricolă actuală (FAO, 2022).

Perturbarea minimă a solului, precum semănatul direct (No-tillage), și integrarea culturilor perene în asolamente sunt recunoscute ca metode viabile pentru îmbunătățirea structurii solului, creșterea eficienței utilizării apei și reducerea costurilor de producere. În același timp, utilizarea îngrășămintelor organice și reducerea dependenței de inputuri industriale pot contribui la refacerea fertilității naturale a solurilor și la menținerea biodiversității agroecosistemelor (Dent & Boincean, 2021; HLPE, 2019; Kassam et al., 2009).

Orzul de toamnă (*Hordeum vulgare* L.) este o cultură importantă în sistemele de rotație din regiunile temperate, valorificând eficient rezerva de umiditate acumulată în sezonul rece. Performanța sa agronomică este influențată semnificativ de structura asolamentului, tipul de fertilizare și de dinamica rezervei de apă din sol (Wijata et al., 2025).

În acest context, lucrarea de față își propune evaluarea influenței structurii asolamentului (cu amestec de ierburi leguminoase și graminee perene, respectiv cu ierburi leguminoase și graminee anuale) și a postacțiunii fertilizării organice și organo-minerale asupra nivelului de producție al orzului de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe, în condițiile agriculturii ecologice. De asemenea, este analizată dinamica rezervei de apă din sol în stratul 0-200 cm, ca indicator al capacității sistemului de a utiliza eficient apa din sol, în condiții de neirigare.

MATERIALE ȘI METODE

Au fost analizate datele din experimentul de câmp de lungă durată desfășurat în perioada anilor 2015–2024 pe terenurile experimentale ale Centrului Național de Cercetare și Producere a Semințelor, sectorul „Selectia” din municipiul Bălți, în cadrul unui sistem de agricultură ecologică (necertificat). Zona este caracterizată printr-un climat temperat continental, specific regiunii de Nord a Republicii Moldova.

Solul pe care s-a desfășurat experimentul este cernoziom tipic luto-argilos, cu un conținut de materie organică de 4,8–5,0%, pH 7,3. Conținuturile totale de azot (N), fosfor (P) și potasiu (K) sunt cuprinse între 0,21–0,25%, 0,09–0,11% și, respectiv, 1,22–1,28%. Conținutul de fosfor și potasiu mobil în sol variază între 130–150 mg/kg și 160–180 mg/kg, corespunzător (Cebanu, 2025).

Semănatul orzului de toamnă s-a realizat în prima decadă a lunii octombrie, prin metoda semănatului direct (No-tillage), utilizând semănătoarea specializată Moore Unidrill. Pe tot parcursul perioadei experimentale nu au fost utilizate produse de uz fitosanitar.

Structura asolamentelor N1 și N3, sistemul de lucrare a solului, precum și variantele de fertilizare organică și organo-minerală, analizate atât în acțiune directă, cât și în postacțiune, sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Structura asolamentelor N1 și N3, sistemul de lucrare a solului și sistemul de fertilizare în cadrul experimentului de câmp de lungă durată în agricultura ecologică

Numărul câmpului	Asolamentul 1 (cu ierburi perene)			Asolamentul 3 (cu ierburi anuale)		
	Culturile	Fertilizarea	Lucrările solului	Culturile	Fertilizarea	Lucrările solului
1	Lucernă anul + raigras, anul 1 de viață	40 t/ha gunoi de grajd + N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	Arătură	Amestec de mazărice + ovăz pentru masă verde	30 t/ha gunoi de grajd	Discuire
2	Lucernă + raigras, anul 2 de viață	-	-	Grâu de toamnă	N ₄₀	Discuire
3	Lucernă+ raigras, anul 3 de viață	-	-	Sfeclă de zahăr	40 t/ha gunoi de grajd + N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	Arătură
4	Grâu de toamnă	N ₄₀	Arătură	Porumb pentru boabe	N ₇₀	Discuire
5	Sfeclă de zahăr	40 t/ha gunoi de grajd + N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	Arătură	Orz de toamnă	N ₆₀	Lucrarea zero
6	Porumb pentru boabe	N ₇₀	Discuire	Porumb pentru boabe	40 t/ha gunoi de grajd + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	Discuire
7	Orz de toamnă	N ₆₀	Lucrarea zero	Floarea-soarelui	N ₄₅ K ₉₅	Discuire

Recoltarea orzului de toamnă a fost realizată cu ajutorul combinei Wintersteiger Delta. Boabele au fost cântărite direct în câmp, iar în laborator au fost determinate umiditatea și puritatea acestora. Producția finală a fost calculată și exprimată în tone la hectar (t/ha), raportată la umiditatea standard de 14%.

Determinările au inclus:

- Producția medie de boabe (t/ha) a orzului de toamnă la maturitate tehnologică;
- Rezerva de apă accesibilă din sol, determinată gravimetric la începutul perioadei de vegetație (martie) și imediat după recoltare (iulie), pentru straturile de sol 0–100 cm și 0–200 cm, exprimată în milimetri (mm);
- Date climatice (precipitații și temperaturi) colectate de la stațiunea meteorologică locală.

Datele experimentale au fost prelucrate statistic folosind analiza varianței (ANOVA), cu evidențierea diferențelor semnificative dintre variante prin testul LSD la $p \leq 0,05$.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În perioada 2015–2024, cantitatea de precipitații căzută în lunile aprilie–iunie a variat considerabil, înregistrând valori între 88,6 mm (în anul 2015) și 278,2 mm (în anul 2019). Media precipitațiilor pentru această perioadă a fost de 172,9 mm.

Amplitudinea variației a fost de 189,6 mm, reflectând o variabilitate accentuată a regimului pluviometric. În cinci ani din zece, valorile anuale au depășit media caracteristică acestei perioade, în timp ce în ceilalți cinci ani, precipitațiile au fost sub media multianuală.

Această alternanță între ani cu regim pluviometric deficitar și ani cu regim pluviometric excedentar subliniază caracterul climatic instabil specific regiunii de Nord a Republicii Moldova.

Instabilitatea regimului pluviometric în perioada aprilie–iunie, caracterizată prin variații semnificative de la un an la altul, impune necesitatea adoptării unor tehnologii agricole capabile să acumuleze apa în sol din precipitațiile atmosferice. Totodată, este esențială eficientizarea consumului de apă de către plante, prin optimizarea fertilizării în funcție de rezervele limitate de umiditate disponibile în sol.

Graficul evoluției cantității de precipitații în perioada aprilie–iunie (2015–2024) evidențiază o variabilitate semnificativă de la un an la altul (Figura 1). Linia tendinței liniare indică o ușoară creștere a valorilor, însă coeficientul de determinare redus ($R^2=0,0552$) sugerează că această tendință nu este semnificativă statistic, variațiile anuale fiind predominante.

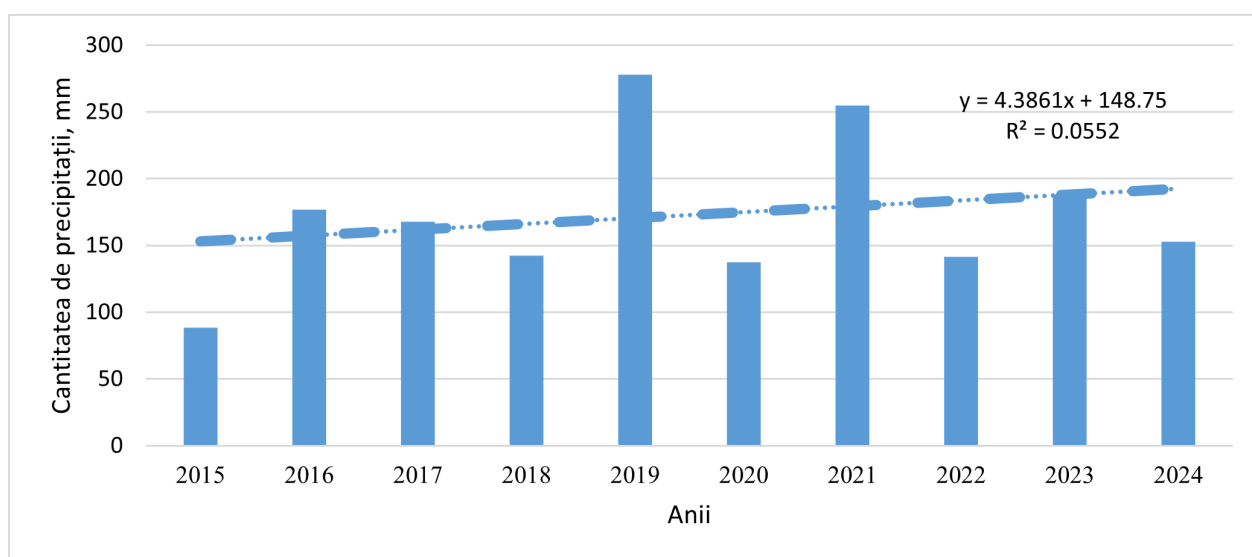


Figura 1. Evoluția precipitațiilor de la reînceperea vegetației orzului de toamnă până la recoltare (aprilie–iunie), în perioada 2015–2024 (Cebanu, 2025).

Stabilitatea relativă a regimului termic în perioada aprilie–iunie, caracterizată prin oscilații moderate ale temperaturii medii între 13,8°C și 18,4°C, cu o medie multianuală de 16,2°C, indică faptul că zona de Nord a Republicii Moldova beneficiază, în general, de condiții termice favorabile dezvoltării culturilor de toamnă în această etapă.

Totuși, prezența unor ani cu abateri termice semnificative evidențiază necesitatea adoptării unor tehnologii agricole adaptabile atât la primăveri mai răcoroase, cât și la primăveri mai călduroase, pentru a asigura stabilitatea proceselor fiziologice ale plantelor.

Graficul evoluției temperaturii medii în perioada aprilie–iunie (2015–2024) evidențiază oscilații semnificative de la un an la altul (Figura 2). Tendința liniară indică o ușoară scădere a temperaturii medii, însă coeficientul de determinare redus ($R^2=0,0952$) sugerează că această tendință este slab exprimată, iar variabilitatea anuală este puternică.

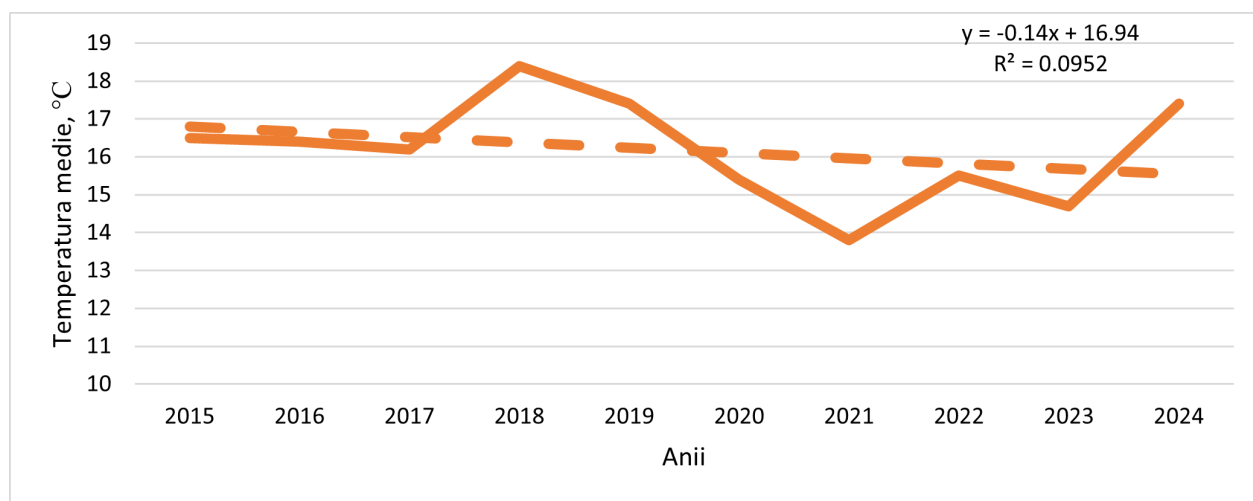


Figura 2. Evoluția temperaturilor medii de la reînceperea vegetației orzului de toamnă până la recoltare (aprilie–iunie) pentru anii 2015–2024 (Cebanu, 2025).

În perioada 2015–2024, producția medie la orzul de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe a variat în funcție de cultura premergătoare și fertilizare. Valorile medii obținute au fost de 2,77 t/ha pentru varianta cu ierburi perene fără fertilizare, respectiv 2,87 t/ha pentru aceeași variantă fertilizată. În cazul asolamentului cu ierburi anuale, producțiile medii au fost de 3,93 t/ha în condiții fără fertilizare și de 4,08 t/ha în condiții cu fertilizare.

Fertilizarea a determinat o creștere moderată a producției, sporul fiind de 0,10 t/ha la variantele cu ierburi perene și de 0,15 t/ha la cele cu ierburi anuale. Variantele cu ierburi anuale au înregistrat valori superioare cu aproximativ 1,16–1,21 t/ha față de cele cu ierburi perene, indiferent de aplicarea fertilizării. Producțiile cele mai ridicate au fost obținute în variantele cu ierburi anuale fertilizate (4,08 t/ha), iar cele mai scăzute pe variantele cu ierburi perene nefertilizate (2,77 t/ha).

Sporurile de producție datorate fertilizării au fost moderate, ceea ce indică faptul că efectul culturii premergătoare a avut o influență mai pronunțată asupra productivității decât fertilizarea aplicată în cadrul experimentului.

Valorile medii ale producției de orz de toamnă în funcție de structura asolamentului și fertilizare sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Producția medie de orz de toamnă în funcție de structura asolamentului și fertilizare, media pentru anii 2015-2024, t/ha

Structura asolamentului	Fondul de fertilizare	Producția medie	Sporul de producție de la fertilizare	Diferența de producție dintre asolamente
Asolament cu amestec de ierburi leguminoase și graminee perene	nefertilizat	2,77	-	-
	fertilizat	2,87	+0,10	-
Asolament cu ierburi leguminoase anuale	nefertilizat	3,93	-	+1,16
	fertilizat	4,08	+0,15	+1,21

În tabelul 3 este prezentată evoluția producției de orz de toamnă în perioada 2015–2024 în funcție de structura asolamentului, pe fond fertilizat și nefertilizat. Se remarcă în mod clar că, pe întreaga perioadă analizată, asolamentul cu ierburi leguminoase anuale a generat producții net superioare comparativ cu cel bazat pe ierburi perene, indiferent de fertilizare.

Cele mai mari diferențe între variante s-au înregistrat în anii 2015 și 2016. De exemplu, în 2015, varianta cu ierburi perene nefertilizată a înregistrat doar 1,52 t/ha, în timp ce în aceeași condiție de fertilizare, dar în asolament cu ierburi anuale, producția a fost de 3,98 t/ha, mai mult decât dublu. În anul 2016, considerat cel mai favorabil din punct de vedere agroclimatic, au fost înregistrate valori maxime ale producției din întreaga perioadă experimentală, atât în varianta cu ierburi leguminoase anuale nefertilizată (5,40 t/ha), cât și în cea fertilizată (5,34 t/ha), diferențele fiind ne semnificative.

Efectul fertilizării a fost moderat. Sporurile de producție au fost mai accentuate în anii favorabili (ex. 2016, 2021, 2023), însă în unele cazuri, precum 2018 sau 2017, diferențele între variantele fertilizate și nefertilizate au fost ne semnificative sau chiar inversate. Cu alte cuvinte, producția obținută pe fond fertilizat a fost mai mică comparativ cu cea obținută pe fond nefertilizat.

Anul 2020 se distinge prin cele mai scăzute niveluri de producție în toate variantele, fiind unul extrem de secetos. Deficitul de precipitații pentru anul agricol 2019-2020 în raport cu media multianuală a constituit -168 mm. În schimb, în 2023, fertilizarea în cadrul asolamentului cu ierburi anuale a condus la cea mai mare producție înregistrată – 5,73 t/ha.

Per total, valorile medii obținute pe parcursul celor zece ani confirmă avantajele asolamentului cu ierburi anuale, atât în varianta fertilizată (4,08 t/ha), cât și nefertilizată (3,94 t/ha), comparativ cu asolamentul cu ierburi perene, unde producțiile medii au fost de 2,77 și 2,87 t/ha. Diferențele se mențin constante pe întreaga perioadă de studiu, iar raportul dintre cele două sisteme rămâne net favorabil asolamentului cu ierburi anuale, evidențiind un potențial agronomic superior al acestuia.

Coeficientul de variație (CV) calculat pentru producțiile înregistrate în perioada 2015–2024 evidențiază un grad diferit de stabilitate în funcție de structura asolamentului și fertilizare. Variantele cu ierburi perene au prezentat un nivel ridicat de variabilitate interanuală, cu un CV de aproximativ 37% atât în varianta nefertilizată, cât și în cea fertilizată, indicând o sensibilitate crescută la fluctuațiile climatice. În schimb, variantele cu ierburi anuale au demonstrat o stabilitate superioară a producției, coeficientul de variație fiind mai redus (27% în varianta nefertilizată și 31% în cea fertilizată). Aceste rezultate sugerează că asolamentele ce includ în componența sa amestecul de ierburi leguminoase + graminee anuale asigură o stabilitate mai mare a recoltei de la un an la altul, în special în condițiile pedoclimatice variabile ale zonei de Nord a Republicii Moldova.

Tabelul 3. Evoluția producției de orz de toamnă în perioada 2015–2024 în funcție de structura asolamentului și fertilizare, t/ha

Anul	Asolament cu ierburi perene		Asolament cu ierburi anuale	
	Nefertilizat	Fertilizat	Nefertilizat	Fertilizat
2015	1,52	1,57	3,98	4,57
2016	2,67	3,39	5,4	5,34
2017	4,56	4,6	5,04	4,93
2018	2,78	2,76	5,3	5,33
2019	2,35	2,1	3,51	3,53
2020	1,55	1,57	2,66	2,24
2021	3,46	3,94	2,88	2,69
2022	2,18	2,26	3,14	3,16
2023	4,19	3,9	4,6	5,73
2024	2,41	2,61	2,84	3,26
Media	2,77	2,87	3,94	4,08
CV, %	37,0	37,0	27,0	31,0

Analiza varianței (ANOVA) aplicată asupra datelor obținute în perioada 2015–2024 a evidențiat existența unor diferențe semnificative statistic între variantele de structură a asolamentului și fertilizare ($F = 3,92$; $p = 0,0161$). Aceste rezultate confirmă că variațiile de producție nu au fost întâmplătoare, ci au fost determinate de efectele reale ale tipului de asolament și ale aplicării fertilizării în cadrul experimentului.

Testul de comparație multiplă Tukey HSD a evidențiat că diferențele semnificative statistic s-au înregistrat între variantele de structură a asolamentului. Producțiile obținute după asolamentele cu ierburi anuale au fost semnificativ mai ridicate față de cele obținute după ierburi perene, indiferent de aplicarea fertilizării. Diferențele între variantele fertilizate și nefertilizate din cadrul aceleiași structuri de asolament nu au fost semnificative statistic ($p > 0,05$).

În funcție de cantitatea de precipitații căzute în perioada de vegetație a orzului de toamnă (aprilie–iunie), anii agricoli analizați în intervalul 2015–2024 au fost împărțiți în trei categorii climatice:

- ani secetoși – precipitații sub media multianuală;
- ani cu regim pluviometric moderat – valori apropiate de media multianuală;
- ani ploioși – precipitații semnificativ peste media multianuală.

Trebuie de menționat că media multianuală a precipitațiilor pentru perioada de vegetație a orzului de toamnă este de 153 mm. Această valoare a fost utilizată drept referință pentru delimitarea celor trei grupe.

Pe baza acestei clasificări, distribuția anilor este următoarea:

- ani secetoși (<153 mm): 2015, 2018, 2020, 2022;
- ani cu regim moderat (153–200 mm): 2016, 2017, 2023, 2024;
- ani ploioși (>200 mm): 2019, 2021.

Analiza relației dintre cantitatea de precipitații căzute în perioada de vegetație (aprilie–iunie) și producția de orz de toamnă în intervalul 2015–2024 a evidențiat diferențe importante între variantele studiate. În asolamentul cu ierburi perene (lucernă+raigraș), producția a prezentat o corelație pozitivă moderată cu regimul pluviometric ($r = 0,38$ pe varianta nefertilizată și $r = 0,37$ în varianta fertilizată), indicând o capacitate

superioară de valorificare a umidității disponibile și o reziliență sporită în condiții climatice variabile. În schimb, în asolamentul cu ierburi anuale (amestec de mazărice + ovăz), corelația dintre precipitații și producție a fost negativă și slabă

($r = -0,14$ și $r = -0,18$), sugerând că în anii cu exces de umiditate pot apărea factori limitativi precum compactarea solului, levigarea nutrienților, reducerea aerării și păturirea plantelor. În medie, cele mai ridicate niveluri de producție s-au înregistrat pe variantele cu ierburi anuale, în special în anii cu regim pluviometric moderat, însă acestea au prezentat o variabilitate interanuală mai pronunțată comparativ cu asolamentul cu ierburi perene. Producțiile medii cele mai mari au fost înregistrate în variantele cu ierburi anuale fertilizate (4,08 t/ha), urmate de cele nefertilizate (3,94 t/ha). În schimb, în variantele cu ierburi perene, producțiile medii au fost mai reduse (2,77 t/ha în condiții fără fertilizare și 2,87 t/ha în condiții cu fertilizare), dar au evidențiat o stabilitate mai mare de la un an la altul. Aceste rezultate confirmă că tipul de asolament influențează semnificativ modul în care cultura reacționează la regimul hidric, sistemele cu ierburi perene asigurând o mai bună stabilitate a producției în condițiile climatice ale zonei de stepă a Bălțului.

Influența regimului termic asupra producției orzului de toamnă a fost analizată pe baza temperaturii medii din perioada aprilie–iunie, în intervalul 2015–2024. Rezultatele arată un răspuns diferențiat în funcție de tipul de asolament. În variantele cu ierburi perene (lucernă+raigraș), s-a constatat o corelație negativă moderată între temperatură și producție ($r = -0,29$ în varianta nefertilizată și $r = -0,34$ în varianta fertilizată), ceea ce indică o reducere a producției în anii cu regim termic ridicat, posibil din cauza scurtării perioadei de umplere a bobului și a creșterii evaporării. În schimb, în variantele cu ierburi anuale (mazărice + ovăz), corelația a fost pozitivă ($r = +0,35$ și $r = +0,29$), sugerând că temperaturile mai ridicate au avut un efect benefic asupra dezvoltării vegetative și asupra formării recoltei, în special în combinație cu fertilizarea. Aceste date confirmă că regimul termic influențează semnificativ nivelul de producție, iar răspunsul variantelor tehnologice diferă în funcție de structura asolamentului și de interacțiunea acestuia cu condițiile climaterice.

Evoluția rezervelor de apă în sol în perioada 2015–2024 reflectă interacțiunea complexă dintre structura asolamentului, regimul pluviometric și aplicarea fertilizării (Tabelul 4.). Diferențele între variantele cu ierburi perene și cele cu ierburi leguminoase anuale sunt semnificative, iar influența fertilizării se manifestă în mod variabil în funcție de an și adâncimea solului analizată.

La începutul perioadei de vegetație (primăvara), rezerva de apă în stratul de sol 0–100 cm a fost, în general, mai ridicată în ambele asolamente pe variantele nefertilizate, cu excepția unor ani specifici (ex. 2019 și 2023). Aceasta sugerează că fertilizarea organo-minerală nu a îmbunătățit capacitatea de reținere a apei în stratul superficial, ci dimpotrivă, în unele cazuri, a accelerat mineralizarea și pierderea apei în fazele de iarnă-primăvară.

În stratul 0–200 cm, diferențele între cele două asolamente devin mai pronunțate. În majoritatea anilor (ex. 2016, 2017, 2021), variantele cu ierburi leguminoase anuale au acumulat rezerve superioare de apă comparativ cu cele cu ierburi perene, în special în varianta nefertilizată. Această diferență se explică prin consumul de apă ridicat al lucernei, menținută în cultură timp de trei ani consecutivi. După acest interval, în condițiile unui regim pluviometric deficitar, frecvent în perioada caldă a anului, restabilirea rezervelor de apă este adesea insuficientă. În plus, efectuarea arăturii pe timp de vară, după prima coasă din ultimul an de vegetație contribuie la pierderi suplimentare de umiditate prin evaporare. Astfel, capacitatea asolamentului cu ierburi perene de a menține rezerve stabile de apă în adâncimea solului este semnificativ diminuată. După

recoltare, rezerva de apă accesibilă în stratul 0–100 cm s-a diminuat considerabil în toate variantele experimentale, însă amplitudinea consumului a variat în funcție de structura asolamentului și fertilizare. De exemplu, în anul 2015, rezerva de apă a scăzut de la 177,4 mm la 65,9 mm în varianta cu ierburi perene nefertilizată, iar în varianta cu ierburi leguminoase anuale, de la 172,8 mm la 70,7 mm. În varianta fertilizată cu ierburi anuale, consumul de apă a fost și mai pronunțat rezerva după recoltare constituind 5,3 mm, ceea ce reflectă o absorbție eficientă a apei în corelație directă cu o producție semnificativ mai ridicată. Acest comportament indică un consum fiziologic intens al apei de către plante, fără a fi asociat cu pierderi neproductive prin levigare sau evaporare.

Tabelul 4. Evoluția rezervei de apă productivă (mm) în straturile 0-100 și 0-200 cm sub cultura orz de toamnă semănat direct după porumb pentru boabe

Anii	Stratul de sol, cm	Asolament cu ierburi perene				Asolament cu ierburi anuale			
		primăvara		după recoltare		primăvara		după recoltare	
		nefert.	fert.	nefert.	fert.	nefert.	fert.	nefert.	fert.
2015	0-100	177,4	134,0	65,9	29,8	172,8	127,1	70,7	5,3
	0-200	318,3	238,1	130,3	71,2	310,4	234,1	135,2	52,1
2016	0-100	182,3	168,4	23,6	22,9	182,4	168,4	36,4	13,0
	0-200	313,3	220,7	50,7	78,6	335,8	335,3	167,5	17,1
2017	0-100	159,6	159,8	53,9	44,7	167,8	151,7	58,4	48,6
	0-200	286,2	286,2	130,6	83,9	378,2	300,5	125,4	83,2
2018	0-100	131,2	119,0	146,6	140,0	132,8	123,9	127,7	132,7
	0-200	243,7	279,6	238,1	185,5	279,5	289,8	295,4	193,5
2019	0-100	155,2	164,7	100,3	104,2	165,5	175,1	126,1	93,7
	0-200	339,6	330,7	207,3	179,7	343,3	347,8	255,3	152,7
2020	0-100	119,2	122,5	36,1	29,0	137,6	123,5	43,0	34,1
	0-200	219,0	244,4	107,8	98,8	250,5	221,8	104,7	103,7
2021	0-100	191,9	149,8	161,8	168,1	180,0	134,8	128,3	163,6
	0-200	390,7	298,0	161,9	289,8	378,3	290,3	301,0	113,6
2022	0-100	190,8	146,4	43,5	31,9	188,5	146,0	55,1	19,2
	0-200	301,4	261,0	115,3	78,3	310,4	242,3	163,8	48,2
2023	0-100	171,6	182,3	71,2	78,0	181,1	173,0	100,0	79,0
	0-200	113,8	300,9	113,7	118,3	303,7	275,7	171,5	123,7
2024	0-100	77,8	15,6	94,5	48,6	52,4	49,8	74,8	32,6
	0-200	130,7	44,2	180,5	75,4	109,7	95,3	147,5	59,0

Anul 2021 se remarcă printr-o situație atipică. În condiții de umiditate ridicată la începutul vegetației, variantele fertilizate au menținut rezerve mari de apă până la recoltare în ambele asolamente, în special în stratul 0–200 cm, unde s-au înregistrat valori de peste 290 mm. Această acumulare se explică în principal prin cantitățile semnificative de precipitații survenite pe parcursul perioadei de vegetație, care au contribuit la suplinirea continuă a rezervei de apă în sol. De asemenea, acoperirea mai bună a solului în variantele fertilizate ar fi putut reduce pierderile prin evapotranspirație, contribuind la conservarea umidității în profilul adânc.

În anii secetoși (ex. 2020 și 2024), rezerva de apă accesibilă în sol a fost scăzută încă din primăvară, cu valori sub 80 mm în stratul 0–100 cm. În aceste condiții, asolamentul cu ierburi perene a păstrat rezerve mai mari până la recoltare, ceea ce sugerează o capacitate superioară de conservare a umidității în sol și o rezistență mai ridicată la stresul hidric.

În concluzie, datele obținute evidențiază rolul determinant al structurii asolamentului în dinamica rezervelor de apă accesibilă și în stabilitatea producției orzului de toamnă. Integrarea ierburilor leguminoase anuale în asolament favorizează o valorificare eficientă a umidității disponibile și o productivitate ridicată în condiții termice favorabile, în timp ce asolamentele cu plante perene, pot asigura o mai bună reziliență în anii secetoși. Aceste constatări susțin necesitatea adaptării tehnologiilor agricole la variabilitatea climatică, prin utilizarea unor structuri de rotație flexibile, capabile să optimizeze utilizarea resurselor hidrice și să contribuie la sustenabilitatea producției agricole în contextul schimbărilor climatice.

CONCLUZII

Structura asolamentului influențează semnificativ productivitatea orzului de toamnă. Pe parcursul perioadei 2015–2024, variantele din asolamentele cu ierburi leguminoase anuale (amestec măzărliche + ovăz pentru masă verde) au generat în medie o producție superioară cu 1,16–1,21 t/ha comparativ cu variantele din asolamentele cu ierburi perene (lucernă + raigras pentru masă verde), indiferent de aplicarea fertilizării.

Postacțiunea fertilizării organo-minerale a avut un efect pozitiv, dar moderat, sporul de producție fiind de 0,10 t/ha pentru asolamentul cu ierburi perene și 0,15 t/ha pentru cel cu ierburi anuale. Diferențele nu au fost semnificative statistic, ceea ce evidențiază rolul dominant al culturii premergătoare asupra productivității.

Anii cu regim pluviometric moderat (153–200 mm în perioada aprilie–iunie) au favorizat obținerea celor mai mari producții, în special pe variantele cu ierburi anuale. În schimb, în anii secetoși sau excesiv ploioși, stabilitatea recoltei a fost mai bună în asolamentele cu ierburi perene.

Coeficientul de variație (CV) al producției a fost mai redus în asolamentele cu ierburi anuale (27–31%), comparativ cu cele perene (37%), ceea ce indică la o mai bună stabilitate a randamentelor în sistemele cu culturi anuale, în ciuda variabilității climatice interanuale.

Integrarea ierburilor leguminoase anuale în asolament se dovedește a fi o strategie agronomică eficientă, asigurând producții ridicate și o valorificare eficientă a resurselor hidrice în condiții termice favorabile.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. CEBANU, Dorin (2025). Impactul rotației culturilor, al metodei No-Till și al fertilizării asupra producției grâului de toamnă în zona de nord a Republicii Moldova. *Akadosmos. Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă*, nr. 1(76), pp. 59-67. Disponibil: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.1-76.06>
2. DENT, David & Boris BOINCEAN (eds.) (2021). *Regenerative Agriculture: What's Missing? What Do We Still Need to Know?* Cham: Springer, 355 p. ISBN 978-3-030-72224-1.
3. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF UNITED NATIONS (FAO) (2022). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Systems at breaking point. Main report.* Rome: FAO, 393 p. Disponibil: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/06e745be-89a5-4850-b819-10670efc1160/content>

4. HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS ON FOOD SECURITY AND NUTRITION (HLPE) (2019). *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome. Rome: Committee on World Food Security, 163 p. Disponibil: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ff385e60-0693-40fe-9a6b-79bbef05202c/content>
5. KASSAM, Amir; Theodor FRIEDRICH; Francis SHAXSON & Jules N. PRETTY (2009). The spread of Conservation Agriculture: Justification, Sustainability and Uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 7(4), pp. 292-320. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/232861957_The_Spread_of_Conservation_Agriculture_Justification_Sustainability_and_Uptake
6. WIJATA, Magdalena; Irena SUWARA; Marcin STUDNICKI; Aneta PERZANOWSKA; Abu Zar GHAFOR et al. (2025). Yield and Yield Components Stability of Winter Wheat and Spring Barley in Long-Term Experiment in Poland. *Sustainability*, vol. 17(10). Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su17104577>

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Paper history

Received 19.10.2025; Accepted 22.11.2025

Copyright: © 2025 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).