

DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.1.02>

CZU: 633.1:631.872

ASIMILAREA AZOTULUI ȘI PRODUCTIVITATEA CULTURILOR ÎN DIVERSE PROCEDEE DE FERTILIZARE CU PAIE

Alexandru RUSU, Ludmila BULAT, Olga ARHIP

Abstract. In order to identify efficient and rational procedures for the valorization of straw surpluses as fertilizer, the authors studied their influence on plant production and nitrogen supply to plants. The experiment was established on clayey-loamy poorly eroded ordinary chernozem, in Cahul district, Republic of Moldova. The experimental design included variants consisting in the application of straw that was not supplemented with nitrogen and variants in which straw was supplemented with low doses of nitrogen. The combination of straw with sheep manure as well as with high doses of chemical fertilizers containing nitrogen and phosphorus was also tested. Straw and associated fertilizers were applied once every four years, in 2009, 2013 and 2017, in July. The most efficient variant consisted in the procedure by which 4 t/ha of chopped straw was spread on the stubble over which chemical fertilizers $N_{20}P_{20}$ were distributed. This procedure ensured an average annual increase of 480 kg/ha of conventional wheat. The phenomenon of crop yield decrease because of the incorporation of straw applied separately without nitrogen did not occur in this experiment. This is due to the ability of chernozem soils to form, through humus mineralization, enough nitrogen needed for the microbiological processing of straw applied in the summer. Thus, the soil type and climatic conditions in the South of the Republic of Moldova allow to incorporate straw surpluses as a fertilizer, including without being supplemented with nitrogen-containing fertilizers.

Key words: Straw; Fertilizer; Nitrogen nutrition; Plant productivity.

Rezumat. În scopul identificării procedeelelor eficiente și raționale de valorificare a surplusurilor de paie ca îngrășământ, s-a studiat influența lor asupra producției vegetale și asigurării plantelor cu azot. Experiența s-a fondat pe cernoziom obișnuit slab erodat luto-argilos din raionul Cahul, Republica Moldova. Schema experienței a inclus variante cu aplicarea paielor care nu au fost completate cu azot și variante cu paie completate cu doze reduse de azot. S-a testat, de asemenea, combinarea paielor cu gunoi de ovine, precum și cu doze mari de îngrășămintă chimice cu azot și fosfor. Paiele și îngrășămintele asociate au fost aplicate o dată la patru ani, în 2009, 2013 și 2017, în luna iulie. Cel mai eficient s-a dovedit a fi procedeul în care 4 t/ha paie tocate au fost repartizate la recoltare în miriște, peste care s-au distribuit îngrășămintă chimice $N_{20}P_{20}$. Procedeul dat a asigurat un spor mediu anual de 480 kg/ha grâu convențional. În experiență nu s-a adevărat fenomenul de scădere a producției vegetale de la încorporarea paielor aplicate separat, fără azot. Acest fapt se datorează capacității solurilor cernoziomice de a forma, prin mineralizarea humusului, suficient azot necesar prelucrării microbiologice a paielor aplicate din vară. Astfel, în condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova, surplusurile de paie pot fi încorporate ca îngrășământ, inclusiv fără a fi completate cu îngrășămintă ce conține azot.

Cuvinte-cheie: Paie; Îngrășământ; Nutriție cu azot; Productivitatea plantelor.

INTRODUCERE

Agricultorii se află într-o criză profundă de surse pentru completarea și menținerea în echilibru a solurilor cultivate. După realizarea reformei agrare, îngrășămintele organice au devenit, practic, inaccesibile. Țăranilor împroprietăriți cu pământ nu le ajung resurse financiare pentru sămânță și îngrijirea culturilor, nemaivorbind de gunoiul de grajd sau de alte îngrășămintă locale și industriale.

În prezent, din cauza șepțelului extrem de redus, gunoi de grajd se acumulează puțin. Conform șepțelului specificat în Anuarul statistic (2021), actualmente, în Republica Moldova se acumulează anual circa 3 milioane tone gunoi de grajd. Pentru comparare – până la reforma agrară se producea de circa cinci ori mai mult gunoi de grajd (Rusu, A. et al. 2012). Tot în acea perioadă peste 40% din masa de gunoi acumulată se valorifica ca îngrășământ. Acum, conform datelor statistice, din cantitatea de gunoi de grajd formată anual se încorporează ca îngrășământ mai puțin de 4%. Cauza principală a acestui fenomen este scumpirea serviciilor de manevrare cu îngrășămintele.

În anii 90 ai secolului trecut, costul normativ al încărcării, transportării în raza de 3 km și distribuirii pe câmp a unei tone de îngrășământ organic era de 0,44 ruble sovietice (Țurcan, M. et al. 1993), mărime ce echivala cu 0,80 dolari SUA sau cu 14,40 lei MD actuali. După calculele efectuate în Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecția Solului „Nicolae Dîmo” (IPAPS Dîmo), costul specific de fertilizare cu gunoi de grajd solid cu așternut în raza de 3 km se ridică în prezent la 197 lei/tona. Așadar, cheltuielile pentru aplicarea îngrășămintelor organice s-au majorat de circa 14 ori comparativ cu perioada de

până la reforma agrară. În SUA la nivelul prețurilor anului 2016 costul statistic al transportării la 3 km și distribuirii unei tone de gunoi de grajd era de circa 16,3 dolari, sau 326 lei md (Andersen, D. 2016).

Pentru a compensa lipsa acută de îngrășăminte organice, agricultorii au aplicat îngrășăminte industriale pentru grâu, porumb și sfecla de zahăr, culturi care fără fertilizare nu se formează în cantitățile optime și având calitățile necesare. Însă de la scumpirea continuă, din toamna anului 2021, a gazelor naturale și a petrolului, prețurile la îngrășămintele chimice s-au majorat de peste trei ori, această situație provocând chiar dispariția sporadică de pe piață a îngrășămintelor chimice.

În aceste circumstanțe se încearcă găsirea unor soluții alternative și astfel s-a înaintat ipoteza de experimentare a surplusurilor de paie ca îngrășământ. Scopul cercetărilor reflectate în lucrare constă în găsirea, experimentarea și argumentarea unor procedee ce ar putea menține și stopa degradarea continuă a fertilității solurilor arabile. În acest sens s-au analizat diferite moduri de folosire a paielor. Ca instrument de evaluare a acțiunii fertilizatoare a paielor s-a analizat nutriția cu azot și productivitatea plantelor.

MATERIALE ȘI METODE

1. *Planificarea și organizarea testărilor*: Experiența a fost fondată în vara anului 2009 într-o rotație cu culturi de câmp la Stațiunea experimentală de eroziune și pedologie a IPAPS Dimo din satul Ursoaia, raionul Cahul. Solul câmpului experimental este identificat ca cernoziom obișnuit luto-argilos slab erodat. Parcelele au avut suprafața de 120 m² (6x20 m). Schema experienței a inclus zece variante și a fost amplasată în patru repetiții (Tabelul 1).

Tabelul 1. Schema experienței cu cantitățile principalelor elemente fertilizatoare încorporate integral odată cu îngrășămintele (în anii 2009, 2013 și 2017), kg/ha

Denumirea variantei	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Martor, fără îngrășămintă	0	0	0	0
2. Paie 4 t/ha	4804	83	10	114
3. Paie 4 t/ha + N ₂₀ P ₂₀	4804	143	70	114
4. Paie 8 t + N ₂₀ P ₂₀	9608	226	80	228
5. Paie 8 t/ha	9608	166	20	228
6. N ₂₀ P ₂₀	0	60	60	0
7. N ₁₇₀ P ₁₈₀	0	510	540	0
8. Paie 4 t + N ₁₄₀ P ₁₇₅	4804	509	539	114
9. Paie 4 t + gunoi ovine 16 t/ha	10463	509	430	895
10. Gunoi ovine 20 t/ha	6820	514	479	931

Solul parcelelor a fost fertilizat de trei ori, la intervale de patru ani – în 2009, 2013 și 2017, luna iulie. Cu aceeași periodicitate, o dată la patru ani, s-au încorporat și îngrășămintele chimice în formă de amofos și azotat de amoniu. În variantele nr. 7, nr. 8, nr. 9 și nr. 10 îngrășămintele au fost aplicate în cantități echivalente de azot și fosfor. În așa mod s-a urmărit compararea și evaluarea efectelor materiei organice din paie și gunoi de ovine asupra nutriției cu azot și asupra recoltei culturilor.

În literatura de specialitate se recomandă ca paiele aplicate ca îngrășământ să fie completate cu azot (Țurcan, M. et al. 1993; Сорокин, И.Б. и др. 2004; Rusu, A. et al. 2012; Kashif, A. et al. 2019). Pe de altă parte, solurile cernoziomice dețin o capacitate mare de nitrificare, care poate asigura aproape în întregime necesitățile de azot ale unor recolte medii. Cercetările multianuale ale Laboratorului de agrochimie al IPAPS Dimo au demonstrat că solurile cernoziomice fără fertilizare au capacitatea de a forma până la 100 kg/ha azot mineral într-un sezon (Lungu, V., Andrieș, S., Leah, N. 2017).

În acest context, la planificarea experienței s-a înaintat ipoteza de a experimenta atât cu paie care nu au fost completate cu azot, cât și cu paie completate cu doze reduse de azot. S-a testat, de asemenea, combinarea paielor cu gunoi de ovine, precum și cu doze mari de îngrășămintă chimică cu azot și fosfor. În vederea elucidării mai distincte a influenței paielor ca îngrășământ și amendament, paiele s-au testat în două doze – de 4 și 8 t/ha. După recoltarea spicoaselor, paiele și îngrășămintele cântărite conform dozelor planificate au fost distribuite manual, uniform pe parcele. Ulterior, câmpul experimental a fost discuit de trei ori cu grapa cu discuri grele.

2. *Condițiile meteorologice.* După cum se cunoaște, clima Republicii Moldova este moderat continentală. Iarna este scurtă, blândă și cu puțină zăpadă, iar vara – caldă, de lungă durată și cu cantități neînsemnate de precipitații. În zona de sud a țării aceste caracteristici se manifestă mai pronunțat. Aici clima este considerată ca cea mai aridă și caldă din țară, temperaturile fiind cu 2-3 grade mai ridicate față de celelalte regiuni (Сивун, В.П и др. 1982). Pe lângă părțile pozitive ale climei de la noi, cum sunt perioada caldă de lungă durată a anului, iarna blândă, abundența solară și de căldură, există și aspectele negative, care nu pot fi ignorate, și anume perioadele secetoase și variația mare a temperaturilor.

În zona de sud a țării, suma de temperaturi mai mari de +10 grade începe în a doua decadă a lunii aprilie și se extinde până în a doua decadă a lunii octombrie și variază între 3200 și 3400°C. Sub influența acestor temperaturi, regiunea se deosebește de restul teritoriului prin insuficiența pronunțată de umiditate în sol și secete extinse.

Cantitatea medie anuală de precipitații la stațiunea meteo Cahul constituie 451 mm, iar circa 65% din această cantitate cade în perioada caldă sub formă de averse de scurtă durată. În această perioadă a anului se depun în medie 291 mm precipitații și se acumulează circa 3300°C. Coeficientul hidrotermic aici are o valoare statistică de 0,88 [291/(0,1*3300)].

Cererea optimă de apă pentru culturile semănate primăvara în cadrul stației Cahul este de circa 360 mm, iar suma apei evaporate din sol de la semănat până la recoltat pentru acest grup de culturi constituie în medie 220 mm. Prin urmare, acoperirea din precipitații a necesităților de apă pentru plante este de circa 61%.

În perioada experiențelor, prin volume mai mari decât norma anuală s-au deosebit anii agricoli 2010 și 2013, când au căzut cu circa 20% mai multe precipitații decât norma anuală (Tabelul 2). Cele mai reduse cantități de precipitații s-au evidențiat în anii 2020, 2021, 2015 și 2011. Astfel, cea mai scăzută roadă din cadrul experienței, de 1800 kg/ha unități cereale, la varianta martor, s-a înregistrat în anul 2015, când în perioada de vegetație a porumbului s-au depus doar 184 mm precipitații.

Tabelul 2. Succesiunea și roada culturilor la varianta martor

Nr. crt.	Anul recoltării	Planta cultivată	Precipitații, mm		Roda, kg/ha	
			pe an agricol	pe lunile 04 - 09	masă fizică	unități cereale
	2010	Porumb boabe	535	428	4840	3870
	2011	Orz de primăvară	322	261	2240	2240
	2012	Floarea-soarelui	388	268	1700	2500
	2013	Orz de toamnă	649	526	4930	4930
	2014	Porumb boabe	441	361	5280	4220
	2015	Porumb boabe	293	184	2250	1800
	2016	Mazăre boabe	419	304	2120	2540
	2017	Orz de toamnă	426	332	5520	5520
	2018	Porumb boabe	305	170	5640	4510
	2019	Floarea-soarelui	401	353	2050	3010
	2020	Grâu de toamnă	291	243	5080	5080
	2021	Porumb boabe	393	315	7950	6360
Media statistică			451	287	—	—

Conform datelor prezentate, cea mai înaltă roadă, de 6360 kg/ha boabe de porumb, s-a format în anul 2021. Aceasta se explică prin faptul că, deși în acel an cantitatea totală de precipitații a fost cu 58 mm mai redusă decât norma statistică, 80 % din ele s-au depus în perioada vegetației.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Azotul constituie un element nutritiv primar absorbit de plante, în cantități relevante, din sol. În sol azotul se conține în cantități mici, tocmai de aceea se practică fertilizări frecvente cu acest element. Supravegherea procesului de nutriție se identifică mai corect și precis prin analiza chimică a plantelor.

Descrierea influenței paielor în primul an de acțiune. În tabelul 3 se redau rezultatele privind cantitatea de azot absorbită de porumb din sol și îngrășămintă în 2010, an cu o roadă îmbucurătoare de porumb. La varianta martor, recolta de boabe a constituit 4840 kg/ha. Datorăm acest fapt condițiilor prielnice de umiditate. În anul agricol 2009–2010 s-au depus 535 mm precipitații și 80% din ele au udat porumbul în timpul vegetației.

Tabelul 3. *Roadă și consumul de azot din sol și îngrășămintă la porumb, anul 2010*

Varianta experienței	Roadă de boabe, kg/ha	Conținutul în boabe, %	Cantitatea asimilată, kg/ha	Producția secundară, kg/ha	Conținut în prod. secundară, %	Cantitatea asimilată, kg/ha	Consumul total, kg/ha
0	1	2	3 (=col. 1* col. 2/100)	4	5	6 (=col. 4*col. 5/100)	7 (=col. 3+col. 6)
1. Martor	4840	1,22	59	5664	0,86	49	108
2. Paie 4 t/ha	4700	1,26	59	7293	0,85	62	121
3. Paie 4 t + N ₂₀ P ₂₀	5240	1,40	73	7550	0,91	69	142
4. Paie 8 t + N ₂₀ P ₂₀	5860	1,68	98	8036	0,97	78	176
5. Paie 8 t/ha	5270	1,30	69	7728	0,91	70	139
6. N ₂₀ P ₂₀	5100	1,41	72	6100	0,86	52	124
7. N ₁₇₀ P ₁₈₀	5300	1,46	77	8183	0,91	74	152
8. Paie 4 t + N ₁₄₀ P ₁₇₅	5540	1,51	84	9216	0,91	84	168
9. Paie 4 t + gunoi ovine 16 t/ha	6150	1,70	105	9600	0,93	89	194
10. Gunoi ovine 20 t/ha	6740	1,59	107	11373	0,94	107	214
DL ₀₅	244	0,04	2,7	421	0,03	3,1	5,8
Sx, %	4,46	2,23	3,35	5,21	3,14	4,18	3,77

Pe acest substrat favorabil de umiditate s-au manifestat oportun și procedeele testate de fertilizare. După cum era de așteptat, cea mai ridicată roadă din experiență s-a format la varianta nr. 10. Aici producția de boabe a crescut cu 39% față de varianta martor. La clarificarea influenței fertilizatoare a materialelor testate trebuie luat în considerare faptul că gunoiul de grajd deține o concentrație mai mare de azot și alte elemente deficitare. În plus, până la încorporare el parcurge mai multe etape de fermentare, prin care elementele nutritive devin accesibile plantelor. Paiele însă au un conținut mai redus de elemente nutritive și în experiență s-au aplicat în stare proaspătă, nefermentate.

Cu toate acestea, paiele încorporate separat au demonstrat o influență fertilizatoare chiar din primul an de acțiune. În varianta nr. 5 roadă a crescut semnificativ față de martor – cu 430 kg/ha/an boabe sau cu 9%. La varianta nr. 2, unde paiele s-au administrat în doza de 4 t/ha, roadă a fost cu 3% mai mică decât la martor. Din punct de vedere statistic, această diferență între variante se consideră irelevantă, adică la nivelul variantei de referință.

Aceste rezultate vin să contrazică, oarecum, datele din literatura de specialitate menționate mai sus, care stabilesc că paiele aplicate separat scad recoltele și trebuie neapărat completate cu îngrășămintă ce conține azot. În cazul experiențelor noastre, la aplicarea paielor în doza de 4 t/ha roadă a fost la nivelul martorului, iar la dublarea dozei de paie s-a format un spor semnificativ de recoltă.

Astfel, constatăm că dintre factorii ce au condiționat formarea recoltei la variantele tratate numai cu paie, nu azotul accesibil a fost elementul minimal ce a limitat formarea recoltei. Indirect, putem presupune că tasarea solului a fost condiția care a limitat nivelul recoltei la această variantă, având în vedere că la încorporarea a 8 t/ha paie roadă a crescut sugestiv față de varianta tratată cu 4 t/ha paie și față de varianta martor.

Încorporarea în sol a paielor are o influență directă asupra solului, asupra proprietăților fizice ale acestuia (Almendro-Candel, M.B. et al. 2018). Cu densitatea lor foarte redusă, de circa 50 kg/m³, paiele mențin solul într-o stare afânată. Cantitatea de 8 tone de paie proaspăt recoltate ocupă un volum de circa 160 m³, iar în momentul amestecării cu stratul de sol arat, cu densitatea aparentă de circa 1,20 t/m³, afânează starea acestuia la 1,11 t/m³.

Pentru solurile luto-argiloase care domină în Republica Moldova, parametrul calculat înseamnă o

densitate aparentă foarte mică, porozitate foarte mare și sol moderat afânat (Canarache, A. 2000). Reducerea densității aparente a solului înseamnă majorarea capacității de permeabilitate și reținere a apei. Mărirea de 1,11 t/m³ evidențiază, de asemenea, o scădere a rezistenței la pătrunderea rădăcinilor, precum și asupra mecanismelor de lucrare a solului.

Pe de altă parte, paiele au demonstrat și o acțiune biochimică fertilizatoare directă. La variantele nr. 7 și nr. 8 au fost aplicate aceleași doze, de câte 170 kg/ha azot, doar că la varianta nr. 8. 30 kg azot din doză au fost aplicate cu cantitatea ce se conținea în paie. Comparativ cu varianta nr. 7, aici s-a format un spor sugestiv de 240 kg/ha boabe. Plantele de porumb din varianta nr. 8 au fost asigurate mai bine cu azot. Dacă în varianta nr. 7 plantele au asimilat, pentru formarea recoltei, în total 152 kg/ha azot, atunci în varianta nr. 8 această cantitate a fost semnificativ mai mare, 168 kg/ha azot.

Rezultatele devin și mai evidente dacă facem comparație și cu varianta nr. 9. Aici s-a aplicat aceeași cantitate de azot, 170 kg/ha, doar că toată doza în formă de materie organică de gunoi de ovine. Sporul roadei de boabe la varianta dată a constituit 1310 kg/ha sau 27%, comparativ cu martorul. Presupunem că fenomenul dat se explică prin faptul că plantele aici au fost asigurate și cu alte elemente nutritive care se găsesc din gunoiul de ovine și care au lipsit în solul altor variante.

Varianta nr. 10, cu aceeași cantitate de 170 kg/ha azot, a servit drept referință și măsură de comparare a procedeelelor testate. Se știe că gunoiul de grajd este cel mai complex, răspândit și uzual îngrășământ cu care se compară alte forme de îngrășăminte organice (Țurcan, M. et al. 1993). În această variantă indicatorii studiați au fost cei mai mari – indicele roadei a crescut cu 1900 kg/ha boabe sau cu 39%, iar consumul de azot al porumbului s-a dublat comparativ cu varianta martor.

Evoluția recoltelor în timp. Pentru o argumentare sporită a influenței fertilizatoare a paielor, rezultatele privind producția vegetală supraterestră și azotul utilizat de plante s-au urmărit de-a lungul a 12 ani. Perioada dată a fost împărțită în trei intervale cvadriennale de timp, conforme aplicării îngrășămintelor în experiență (Tabelul 4). Îngrășămintele, conform schemei, inclusiv cele chimice, au fost administrate cvadrienal, de trei ori, în anii 2009, 2013 și 2017.

Tabelul 4. Recoltele și consumurile anuale de azot pe etape succesive, kg/ha

Varianta experienței	Recolta vandabilă medie anuală în unități cereale				Cantitatea de azot asimilată sezonier de plante			
	2010–2013	2014–2017	2018–2021	Media etapelor	2010–2013	2014–2017	2018–2021	Media etapelor
1. Martor	3385	3523	4738	3882	83	112	111	102
2. Paie 4 t/ha	3447	3691	4567	3902	86	114	110	103
3. Paie 4 t + N20P20	3909	3771	5422	4367	119	118	132	123
4. Paie 8 t + N20P20	4069	4102	5539	4570	134	139	139	137
5. Paie 8 t/ha	3846	3611	4928	4128	114	111	118	114
6. N20P20	3537	3705	4715	3985	96	117	112	108
7. N170P180	3851	3658	5380	4296	116	119	136	124
8. Paie 4 t + N140P175	4082	4352	5680	4705	126	129	137	130
9. Paie 4 t + gunoi ovine 16 t/ha	4195	4546	5577	4773	111	145	141	133
10. Gunoi ovine 20 t/ha	4492	4278	5297	4689	124	136	133	131
Media variantelor	3881	3924	5184	4330	111	124	127	121

O privire de ansamblu asupra rezultatelor prezentate semnalează o creștere a productivității plantelor conform etapelor de fertilizare. Fenomenul s-a demonstrat la toate variantele experienței, atât în privința indicilor de productivitate ai plantelor, cât și în privința valorilor consumului de azot al acestora. La varianta nr. 2, valoarea medie anuală a producției în perioada anilor 2010–2013 a constituit 3447 kg/ha unități cereale. În perioada 2014–2017 producția medie anuală aici s-a ridicat cu 244 kg/an, ajungând la

3691 kg/ha, iar în perioada 2018–2021 producția de grâu convențional a crescut, la parcelele în cauză, cu 876 kg/an față de perioada cvadrienală precedentă.

Mai relevant s-a constatat majorarea producției vandabile după valorile medii ale tuturor variantelor. În prima perioadă de 4 ani, producția medie pe experiență a constituit 3881 kg/ha unități cereale, în a doua perioadă – 3924 kg/ha, cu o creștere de 43 kg/an, iar în următorul interval de ani recolta medie anuală pe experiență a evoluat la 5184 kg/ha, formând o diferență de 1260 kg/an comparativ cu perioada anterioară.

Aceeași evoluție s-a remarcat și la indicii consumului de azot din sol și îngrășăminte. Spre exemplu, pe parcelele variantei nr. 8, cantitatea de azot concentrată în partea supratereastră a plantelor a constituit 126 kg/ha.an în prima etapă de observație, 129 kg/ha.an în a doua și 136 kg/ha.an în a treia. Asemenea creșteri ale cantității de azot asimilate de plante s-au observat și după indicii medii anuali de absorbire a azotului de către plante în experiență.

Presupunem că creșterea, în timp, a productivității și a asimilării azotului de către culturi, pe întreg câmpul experimental se datorează agrotehnicii tot mai performante implementate la stațiune. Productivitatea medie pe etape a plantelor cultivate pe sola experimentală a crescut, comparativ cu etapa anilor 2010–2013, cu circa 12%, iar cantitatea absorbită anual de azot a sporit cu 9%.

Semnificația aplicării combinate a paielor cu alte îngrășăminte. Pe lângă schimbările benefice observate de-a lungul perioadelor experimentale asupra recoltelor și capacității de asimilare a azotului, în experiență s-au remarcat transformări avantajoase datorate combinării paielor cu alte îngrășăminte. De exemplu, la varianta nr. 5, producția a sporit față de martor cu 461 kg/ha (an) unități cereale în prima etapă de fertilizare, cu 88 kg/ha.an unități cereale în a doua etapă și cu 190 kg/ha.an unități cereale în a treia. Valoarea medie a suplimentului de roadă la această variantă pentru toate etapele de fertilizare a constituit 246 kg/ha.an unități cereale.

La combinarea paielor cu gunoi de ovine sau îngrășăminte chimice recoltele au crescut mai evident și mai semnificativ. Chiar fiind aplicate în doze infime, de câte 20 kg/ha substanță activă, și la intervale considerabile, de patru ani, azotatul de amoniu și amofosul au stimulat esențial potențialul fertilizator al paielor. Dacă în anii 2010–2013, la varianta nr. 2 recolta medie anuală a crescut față de martor cu 62 kg, la varianta nr. 3 sporul de roadă anuală a crescut de peste opt ori, alcătuind 524 kg/ha.

Asemenea diferențe la variantele menționate s-au remarcat și în a doua perioadă a schemei de fertilizare, în anii 2014–2017. Însă intervalele de diferență față de martor au fost mai mici, înregistrându-se 168 kg și, respectiv, 248 kg/ha unități cereale. Astfel de influențe stimulative asupra productivității plantelor s-au observat și la alte doze de încorporare a paielor și îngrășămintelor.

La aplicarea asociată a paielor cu îngrășăminte chimice s-a depistat un fenomen sinergic foarte avantajos. Acțiunea comună a acestora a format un spor de producție mai mare decât suma sporurilor de la paie și de la îngrășăminte aplicate separat. De exemplu, după indicii medii de la toate cele trei etape de experimentare, la varianta nr. 3. sporul a fost de 485 kg/ha.an unități cereale, la varianta nr. 2 sporul a constituit 20 kg, iar la varianta nr. 6. – 103 kg. Suma sporurilor recoltelor în urma aplicării separate a îngrășămintelor a alcătuit 123 kg/ha, fiind de 3,9 ori mai mică decât sporul obținut de la încorporarea împreună a paielor cu îngrășăminte chimice.

Astfel de sporuri sinergice importante ca valoare s-au constatat și la majorarea dozei de paie sau de îngrășăminte chimice încorporate. Valoarea medie a sporului de recolte la varianta nr. 4. a fost de 688 kg/ha.an unități cereale, la varianta nr. 5. s-a format un adaos de 246 kg și la varianta nr. 6.– 103 kg/ha unități cereale. Prin urmare, suma sporurilor de producție rezultată de la aplicarea separată a paielor și a îngrășămintelor chimice a alcătuit 349 kg/ha, însumarea fiind de circa două ori mai redusă decât sporul obținut prin aplicarea asociată a acestor două tipuri de îngrășăminte.

Aplicarea combinată a paielor cu îngrășăminte chimice a îmbunătățit asigurarea plantelor cu azot. Conform valorilor medii sezoniere, plantele din varianta nr. 2. au asimilat, în medie, cu 1 kg/ha.an mai mult azot decât martorul, iar cele din varianta nr. 6 – cu 6 kg/ha.an mai mult. Suplimentul de azot de la aceste două variante, cu aplicare separată a îngrășămintelor, a format 7 kg/ha. Aplicate împreună, aceste două tipuri de îngrășăminte au mărit de trei ori consumul de azot, ajungând la 21 kg/ha.an.

Valori încă mai relevante au înregistrat acești indicatori la majorarea dozei de paie. Cantitatea anuală de azot asimilată de plante în varianta nr. 5. a crescut față de martor cu 12 kg. În varianta nr. 6. s-a absorbit cu 6 kg/ha mai mult azot. Suma sporului de azot de la aplicarea separată a îngrășămintelor a

constituit 18 kg, iar de la încorporarea asociată a acestor două îngrășăminte – 35 kg/ha.an azot. Efectul sinergic de la acțiunea în comun a îngrășămintelor a fost de 17 kg/ha azot. În unități relative, sporul sinergic a constituit 48%. Realmente, jumătate din azotul asimilat s-a pus la dispoziția plantelor numai prin procedeul de aplicare împreună a îngrășămintelor.

După carbon, azotul se consideră al doilea element chimic ce asigură viața și este indispensabil ființelor vii. El intră în structura proteinelor, acizilor nucleici și altor compuși organici, care constituie corpul fizic al veșuitoarelor. Este elementul de cea mai mare importanță în nutriția plantelor și factorul hotărâtor în sporirea producției culturilor agricole. Faptul că în soluri azotul se găsește în cantități reduse afectează frecvent dezvoltarea plantelor.

Analiza fenomenului de sinergie asupra roadei și asigurării plantelor cu azot la aplicarea asociată a paielor cu îngrășăminte chimice permite să constatăm că nu numai îngrășămintele chimice ridică potențialul fertilizator al paielor, dar și paiele sporesc randamentul îngrășămintelor chimice.

CONCLUZII

Solurile aflate în circuitul agricol au nevoie imperios și neîntârziat de completare cu materie organică și elemente primare înstrăinate în rezultatul cultivării îndelungate a plantelor. Îngrășămintele organice se acumulează însă prea puține și utilizarea lor este foarte costisitoare. În noile realități economice, îngrășămintele chimice, fiind și până în prezent destul de costisitoare, ajung să fie, în general, inabordabile.

Pe solul cernoziomic pe care s-a efectuat experiența nu s-a adeverit fenomenul de scădere a producției vegetale de la încorporarea paielor. Acest fapt se datorează capacității solurilor cernoziomice de a forma, prin mineralizarea humusului, suficient azot necesar prelucrării microbiologice a paielor aplicate. Astfel, în condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova, surplusurile de paie pot fi încorporate ca îngrășământ, inclusiv fără a fi completate cu îngrășăminte ce conțin azot.

Dacă însă există această posibilitate, îngrășămintele cu azot pot fi adăugate la paie. Prin combinarea paielor cu îngrășăminte azotoase se potențează efectul fertilizator al ambelor îngrășăminte. Se formează un randament sinergic de recoltă de peste două ori mai mare comparativ cu suma sporurilor de la ambele îngrășăminte aplicate separat. Cu cât doza paielor sau a îngrășămintelor chimice în amestec a fost mai mare, cu atât mai impunător a devenit și sporul sinergic.

Cel mai eficient procedeu de aplicare a paielor ca îngrășământ s-a dovedit a fi procedeul compus din 4 t/ha paie tocate și repartizate la recoltare în miriște, peste care s-au distribuit îngrășăminte chimice în dozele $N_{20}P_{20}$. În mărimi fizice pentru un hectar, aceste îngrășăminte pot fi reprezentate de 40 kg amofos și 44 kg azotat de amoniu. Ambele tipuri de îngrășăminte se încorporează o dată la patru ani. Aceasta este, de regulă, și periodicitatea cu care revine grâul în asolamentele de câmp. Procedeul dat asigură un spor mediu anual de 480 kg/ha grâu convențional.

RECUNOAȘTERI


Acest studiu a fost susținut de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare a Republicii Moldova, fiind realizat în cadrul proiectului 20.80009.5107.25 „Evaluarea și optimizarea bilanțului elementelor nutritive și materiei organice pentru perfecționarea sistemului de fertilizare a culturilor agricole prin eficientizarea utilizării îngrășămintelor și sporirea fertilității solului în agricultura durabilă”. Director de proiect – doctor în științe agricole, conferențiar cercetător, Vasile Lungu.


REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ALMENDRO-CANDEL, Maria Belen et al. (2018). Physical Properties of Soils Affected by the Use of Agricultural Waste. In: Agricultural Waste and Residues [online], pp. 15-18. Available: DOI: 10.5772/intechopen.77993
2. ANDERSEN D. (2016). What does manure application cost? In: The Manure Scoop Blog [online], May 12. Available: <https://www.nationalhogfarmer.com/environment/what-does-manure-application-cost>
3. BIROUL Național de Statistică al Republicii Moldova (2021). Anuarul statistic al Republicii Moldova =

- Статистический ежегодник Республики Молдова = Statistical Yearbook of the Republic of Moldova [online]. Chișinău: Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova, 469 p. ISBN 978-9975-53-418-5. Disponibil: https://statistica.gov.md/public/files/publicatii_electronice/Anuar_Statistic/2021/Anuar_statistic_editia_2021.pdf
4. CANARACHE, A. (1990). Fizica solurilor agricole. București: Ceres, 280 p.
 5. KASHIF, Akhtar, WANG, Weiyuet, REN, Guangxin et al. (2019). Integrated use of straw mulch with nitrogen fertilizer improves soil functionality and soybean production. In: Environment International [online], vol. 132. Available: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105092>
 6. LUNGU, V., ANDRIEȘ, S., LEAH, N. (2017). Modificarea însușirilor agrochimice ale solului în experiențele de lungă durată la aplicarea sistematică a îngrășămintelor minerale. In: Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană: conferința științifică internațională consacrată aniversării a 120 ani de la nașterea academicianului Ion Dicusar. Chișinău: CEP USM, pp. 134 – 135. ISBN 978-9975-71-927-8.
 7. RUSU, A., PLĂMĂDEALĂ, V., SIURIS, A. et al. (2012). Ghid de utilizare a îngrășămintelor organice. Chișinău: Pontos, pp. 73-77. ISBN 978-9975-51-300-5.
 8. ȚURCAN, M., SERGENTU, EUGENIA, BANARU, A. et al. (1993). Recomandări pentru utilizarea îngrășămintelor organice în Moldova. Chișinău: Agroinformreclama, pp. 57-60.
 9. СИВУН, В.П и др. (1982). Агроклиматические ресурсы Молдавской ССР. Ленинград: Гидрометеиздат, с. 58.
 10. СОРОКИН, И.Б. и др. (2004). Применение соломы зерновых культур на удобрение в Томской области. Рекомендации. Томск: СибНИИ Торфа, с. 5-6.

INFORMAȚII DESPRE AUTORI

RUSU Alexandru  <https://orcid.org/0000-0001-8418-8458>
 doctor habilitat în științe agricole, conferențiar cercetător, Institutul Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dîmo”, Republica Moldova
E-mail: rusuap@gmail.com

BULAT Ludmila  <https://orcid.org/0000-0003-4435-695X>
 cercetător științific, Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dîmo”, Republica Moldova.
E-mail: bulatludmila@mail.ru

ARHIP Olga
 doctor în științe agricole, conferențiar cercetător, Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dîmo”, Republica Moldova
E-mail: olgaarhip@gmail.com

Data prezentării articolului: 22.05.2022

Data acceptării articolului: 18.06.2022