

# FERTILIZAREA ȘI FERTILITATEA CERNOZIOMULUI TIPIC DIN STEPĂ BĂLȚULUI

*dr. hab. Boris BOINCEAN,*  
*dr. Leonid NICA,*  
*dr. Stanislav STADNIC \*,*  
*Lidia BULAT*

*Institutul de Cercetări pentru Culturi  
de Câmp „Selecția”,  
\*Universitatea de Stat „Alec Russo”*

## FERTILIZATION AND FERTILITY OF TYPICAL CERNOZEM FROM BALTI STEPPE

*Changes in stocks of soil organic matter (on carbon) and total nitrogen for the whole soil profile (0-100 cm) have been determined in a long-term field experiment with different systems of soil fertilization on cernozem soil in the steppe region Balti (northern part of Moldova). Mineral fertilizers are decreasing the stocks of soil organic matter and nitrogen on the whole soil profile. Organic and organo-mineral systems of soil fertilization are decreasing in lower extent the stocks of nitrogen, but they contribute to the accumulation of soil organic matter, especially deeper than 40 cm. Potential capacity of soils to provide nitrogen for crops should be evaluated in each farm on different fields in order to make more reasonable economically and ecologically the application of mineral fertilizers.*

### Introducere

Intensificarea agriculturii în Republica Moldova, analogic majorității țărilor din lume, a urmărit preponderent creșterea nivelului de producție prin folosirea inputurilor din exteriorul gospodăriei agricole (îngrășăminte minerale, pesticide, irigare, soiuri și hibrizi noi etc.). Sporirea recoltelor în faza inițială a agriculturii moderne a creat impresia influenței favorabile a inputurilor atât asupra productivității, cât și a fertilității solului – așa numitul „efect mascat” al productivității culturilor asupra schimbărilor reale în fertilitatea solului [8]. Lucrurile au luat o altă turnură odată cu stabilizarea nivelului de producție, inclusiv în perioada aplicării intense a inputurilor în agricultură. Dar mai cu seamă,

odată cu scumpirea surselor energetice nerenovabile și derivatelor lor (îngrășăminte minerale de azot, pesticide etc.).

Lipsa datelor experimentale cu privire la schimbările cantitative și calitative ale substanței organice a solului pe întreg profilul solului, ca un indice integral al fertilității, n-au permis evaluarea obiectivă a procedeelelor agrotehnice, tradiționale pentru agricultura intensivă. Din păcate, cercetările în vederea evaluării influenței factorului antropogen asupra procesului de solificare sunt fragmentare și nu permit o evaluare complexă a situației. Aceasta devine posibilă doar cu timpul și numai în experiențe de lungă durată. Este evident că o dezvoltare durabilă în agricultură nu poate fi asigurată fără restabilirea fertilității solului. Rolul central în fertilitatea solului îi aparține substanței organice a solului. Rezultatele obținute în experiențele de lungă durată din stepa Bălțului atestă rolul primordial al fertilității solului în formarea nivelului de producție pe cernoziomul tipic. Concomitent, la aplicarea îngrășămintelor minerale de azot persistă pericolul pierderilor considerabile de azot, fie prin volatilizare (odată cu agravarea efectului de seră), fie prin levigare (odată cu poluarea apelor subterane). Efectul agronomic, la ora actuală și pe viitor, al tuturor procedeelelor agrotehnice necesită să fie ajustat la realitatea economică și consecințele ecologice. Doar o abordare sistemică poate fi una de succes [4].

Lucrarea dată include materiale experimentale privind schimbarea rezervelor de carbon și azot pe întreg profilul cernoziomului tipic din stepa Bălțului sub influența de lungă durată (39 ani) a diferitor sisteme de fertilizare în asolament.

### Materiale și metode de cercetare

Experiența a fost desfășurată și se realizează în continuare pe cernoziom tipic luto-argilos din stepa Bălțului în asolament de câmp cu caracter staționar de lungă durată în cadrul ICCC „Selecția” prin rotația culturilor la curent: borceag de primăvară – grâu de toamnă – sfeclă pentru zahăr – porumb pentru boabe – orz de primăvară – floarea-soarelui.

Solul lotului experimental la momentul inițierii experienței se caracteriza prin următorii indicatori agrochimici în diapazonul soarelui: humus – 4,35-5,08%, azot total – 0,24-0,26%, fosfor – 0,12-0,13%, potasiu – 1,20-1,40%,  $pH_{H_2O}$  – 6,6-7,1%.

Îngrășămintele minerale, conform programului de cercetare, sunt prevăzute anual (tabelul 1) pentru culturile principale – grâu de toamnă, sfeclă pentru zahăr, porumb la boabe și floarea-soarelui – odată cu lucrarea de bază a solului. Excepție face grâul de toamnă, la care doza de azot mineral se administrea-

Repartizarea îngrășămintelor între culturile asolamentului cu 6 sole în rotațiile I-VI (1973-2008)

Rotația	Cultura	Fără gunoi de grajd											15 t/ha gunoi de grajd									Gunoi de grajd
		Martor	NPK <sub>1</sub>			NPK <sub>2</sub>			NPK <sub>3</sub>			NPK <sub>1</sub>			NPK <sub>2</sub>			NPK <sub>3</sub>				
			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K		
1973-1980																						
0 1973-1975	Grâu de toamnă	-	-	-	-	-	20	-	-	20	-	90	90	90	-	40	-	-	40	-	-	
	Sfeclă p/u zahăr	-	-	-	-	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
	Porumb boabe	-	-	-	-	90	90	90	90	90	90	-	20	-	90	90	90	90	90	90	90	
1981-1990																						
I 1976-1980	Mazăre boabe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Grâu de toamnă	-	-	-	-	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
	Sfeclă p/u zahăr	-	-	-	-	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
	Porumb boabe	-	-	-	-	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
	Floarea-soarelui	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1991-2008																						
II 1981-1985	Borceag de prim.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Grâu de toamnă	-	-	-	-	60	60	-	60	60	90	60	60	120	60	60	120	60	60	-	-	
III 1986-1990	Sfeclă p/u zahăr	-	60	60	60	90	90	90	120	160	120	60	60	60	90	90	90	120	180	120	75	
	Porumb boabe	-	60	30	30	90	60	30	150	60	60	60	30	30	90	60	60	150	60	60	-	
	Floarea-soarelui	-	30	60	30	60	90	60	60	120	60	30	60	30	60	90	60	60	120	60	-	
IV 1991-1996	Borceag de prim.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Grâu de toamnă	-	60	30	30	90	60	60	120	60	60	60	30	30	90	60	60	120	60	60	-	
V 1997-2002	Sfeclă p/u zahăr	-	30	30	30	60	60	60	90	120	90	30	30	30	60	60	60	90	120	90	60	
	Porumb boabe	-	60	30	30	90	45	45	150	60	60	60	30	30	90	45	45	150	60	60	-	
VI 2003-2008	Orz de prim.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Floarea-soarelui	-	30	60	30	60	90	60	60	120	60	30	60	30	60	90	60	60	120	60	30	

ză în 2 etape: 1/2 din toamnă înainte de semănat și 1/2 primăvara devreme ca nutriție extraradiculară. Gunoiul de grajd se încorporează în sol sub arătura adâncă din toamnă rezervată sfeclii pentru zahăr (60 t) și florii-soarelui (30 t). Orzul de primăvară și borceagul de primăvară folosesc postacțiunea îngrășămintelor minerale și organice. Variantele în spațiu sunt amplasate sistematic, în 4 repetiții și 2 niveluri. Suprafața totală a parcelelor este de 242 m<sup>2</sup> în formă dreptunghiulară (5,6 x 43,2 m).

În experiență a fost utilizată tehnologia de cultivare acceptată pentru culturile de câmp în zona de nord a Republicii Moldova.

### Rezultate și discuții

#### • Schimbări în rezervele de substanță organică a solului (după carbon) sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament

În majoritatea cazurilor, cercetările vizând influența diferitor sisteme de fertilizare asupra fertilității solului se efectuează în straturile 0-20 și 20-40 cm, iar despre schimbări se judecă în baza diferențelor existente dintre fondul fertilizat și martorul absolut (nefertilizat). Astfel, pe de o parte, nu se ține cont de schimbările ce au loc pe tot profilul solului, iar, pe de altă parte, nu se iau în calcul schimbările în timp ale fertilității solului (în raport cu starea inițială). În tabelul 2 sunt prezentate date cu privire la schimbarea rezervelor de substanță

organică a solului în diferite straturi de sol (pe profilul solului) sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament, comparativ cu martorul absolut (nefertilizat).

Dacă analizăm schimbările în rezervele de substanță organică a solului (după carbon) pe tot profilul solului, până la adâncimea de 100 cm față de martorul absolut (nefertilizat), apoi observăm că îngrășămintele minerale contribuie la reducerea rezervelor de substanță organică a solului cu 10,8-14,9%, iar cele organo-minerale și organice, din contra, contribuie la majorarea rezervelor de substanță organică a solului cu 14,3-23,0%. De menționat că pierderea sau acumularea substanței organice diferă pe profilul solului pentru diverse sisteme de fertilizare a solului în asolament. Cele mai mici schimbări în rezervele de substanță organică a solului, comparativ cu martorul absolut (nefertilizat), au loc în stratul de sol 0-20 cm la aplicarea tuturor sistemelor de fertilizare. Diferența constă doar în tendințele de schimbare: sistemul mineral de fertilizare, cu excepția primei doze, reduce rezervele de substanță organică a solului cu 3,9-4,3%. Iar sistemul organo-mineral și organic contribuie, din contra, la o majorare neînsemnată a rezervelor de substanță organică a solului – cu 1,4-6,5%.

În stratul de sol 20-40 cm are loc o reducere

**Schimbarea rezervelor de substanță organică a solului (după carbon) pe profilul solului sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament comparativ cu martorul absolut (nefertilizat), 2009, t/ha, %**

Stratul de sol, cm	Martor (nefertilizat)	Spor față de martor, ± t/ha / % *						
		NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	15 t/ha gunoi de grajd +NPK <sub>1</sub>	15 t/ha gunoi de grajd +NPK <sub>2</sub>	15 t/ha gunoi de grajd +NPK <sub>3</sub>	15 t/ha gunoi de grajd
0-20	<u>50,6</u> 100%	<u>+4,6</u> 9,1	<u>-2,0</u> 3,9	<u>-2,2</u> 4,3	<u>+0,7</u> 1,4	<u>+2,4</u> 4,7	<u>+3,3</u> 6,5	<u>+1,1</u> 2,2
20-40	<u>55,2</u> 100%	<u>-9,6</u> 17,4	<u>-7,7</u> 13,9	<u>-7,2</u> 13,0	<u>-0,5</u> 0,9	<u>-2,4</u> 4,3	<u>+1,9</u> 3,4	<u>-2,4</u> 4,3
40-60	<u>31,7</u> 100%	<u>-1,8</u> 5,7	<u>-7,0</u> 22,1	<u>-3,9</u> 12,3	<u>+20,8</u> 65,6	<u>+7,8</u> 24,6	<u>+14,8</u> 46,7	<u>+11,2</u> 35,3
60-80	<u>22,4</u> 100%	<u>-6,5</u> 29,1	<u>-6,5</u> 29,0	<u>-8,1</u> 36,2	<u>+3,3</u> 14,7	<u>+8,5</u> 38	<u>+14,5</u> 64,7	<u>+11,4</u> 50,9
80-100	<u>16,6</u> 100%	<u>-5,7</u> 34,3	<u>-3,1</u> 18,7	<u>-3,6</u> 21,7	<u>+9,1</u> 54,8	<u>+7,6</u> 45,8	<u>+6,0</u> 36,1	<u>+3,9</u> 23,5
0-100	<u>176,5</u> 100%	<u>-19,0</u> 10,8	<u>-26,3</u> 14,9	<u>-25</u> 14,2	<u>+33,4</u> 18,9	<u>+23,9</u> 13,5	<u>+40,5</u> 23,0	<u>+25,2</u> 14,3

\*numărător – spor față de martor, t/ha; numitor – % față de martorul absolut (nefertilizat).

considerabilă a rezervelor de substanță organică a solului față de martor pe variantele cu sistemele de fertilizare minerală (cu 13,0-17,4%), pe când la aplicarea îngrășămintelor organo-minerale și organice se menține o tendință diametral opusă. Cele mai mari schimbări în acumularea sau pierderea substanței organice a solului au loc în straturile de sol amplasate la o adâncime mai mare de 40 cm (tabelul 3).

Este evident faptul, că la aplicarea îngrășămintelor minerale în doze crescând aproximativ 1/3 din pierderile totale de substanță organică pe profilul solului revin stratului 0-40 cm, iar 2/3 stratului 40-100 cm. Situația pare paradoxală, deoarece în stratul 0-40 cm este preponderent amplasat sistemul radicular al culturilor studiate în asolament. Nu mai puțin impresionante sunt și rezultatele obținute la aplicarea îngrășămintelor organo-minerale și organice. Aici acumularea substanței organice a

solului are loc doar în straturile mai adânci de 40 cm.

Probabil că azotul din îngrășămintele minerale contribuie la o mineralizare mai intensă a resturilor vegetale și a substanței organice a solului, îndeosebi în straturile mai adânci ale solului, din cauza insuficienței de carbon accesibil. În cazul aplicării îngrășămintelor organice și organo-minerale, produsele descompunerii resturilor vegetale, îngrășămintelor organice (gunoi de grajd) și însăși substanței organice a solului, în formă de acizi humici, posedă o înaltă solubilitate în apă, mișcându-se din straturile superioare spre straturile inferioare pe profilul solului. Fondatorul pedologiei genetice în lume, V.V. Dokuceaev, considera că profilul cernoziomului a apărut în procesul de pedogeneză pe două căi:

a) în urma descompunerii resturilor vegetale;

**Ponderea straturilor de sol 0-40 și 40-100 cm în acumularea sau pierderea de substanță organică a solului la aplicarea de lungă durată a diferitor sisteme de fertilizare în asolament comparativ cu martorul absolut (nefertilizat), 2009, %**

Stratul de sol, cm	Sistemele de fertilizare în asolament						
	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	15 t/ha +NPK <sub>1</sub>	15 t/ha +NPK <sub>2</sub>	15 t/ha +NPK <sub>3</sub>	15 t/ha
0-40	(-) 26,3	(-) 36,9	(-) 37,6	(+) 0,6	(+) 0	(+) 12,8	0
40-100	(-) 73,7	(-) 63,1	(-) 62,4	(+) 99,4	(+) 100,0	(+) 87,2	(+) 100

b) prin penetrarea substanțelor humice din straturile superioare în cele inferioare pe profilul solului [10].

P.A. Kostâcev nu recunoștea posibilitatea mișcării substanțelor humice pe profilul solului, considerând descompunerea resturilor vegetale ca singura cale de formare a cernoziomului [11]. Prin cercetările ulterioare, V.V. Ponomareva și T.A. Plotnicova au demonstrat foarte convingător mișcarea compușilor humici solubili în apă pe profilul solului [12]. Mai mult decât atât, după părerea lor, aceasta determină funcționalitatea cernoziomului, iar procesul de nutriție minerală a plantelor nu poate fi examinat separat de procesul de formare a cernoziomului, care servește drept rezervor de acumulare și păstrare a elementelor nutritive. Pesemne că eficiența îngrășămintelor minerale pe solurile de cernoziom este determinată la fel de capacitatea potențială a solului de a elibera nutriția minerală, în particular, azotul și fosforul, din rezervele sale. La acest aspect ne vom referi ceva mai târziu.

Să urmărim acum schimbările în rezervele de substanță organică a solului pe profilul solului la aplicarea diferitor sisteme de fertilizare în asolament timp de 39 ani (tabelul 4).

Pierderile anuale în valoare absolută de substanță

organică a solului în stratul 0-100 cm au constituit pe martorul nefertilizat 600 kg C/ha. Pierderile anuale s-au dublat la aplicarea îngrășămintelor minerale, constituind 1087,2-1274,4 kg C/ha. Îngrășămintele organo-minerale și organice au contribuit în diferită măsură la acumularea substanței organice a solului. O cantitate mai mare a ei a fost acumulată la aplicarea concomitentă a 15 t/ha gunoi de grajd cu cea mai mare și cu cea mai mică doză de îngrășămintele minerale – 438,5 și 256,4 kg C/ha, corespunzător. Aplicarea separată a gunoiului de grajd în aceeași doză, precum și pe fondul dozei mijlocii de îngrășămintele minerale, a asigurat acumularea a 46,1 și 12,8 kg C/ha, corespunzător. Menționăm anticipat, că nivelul de producție a culturilor a fost cel mai înalt anume pe ultimele două variante.

Distribuirea pierderilor sau acumulărilor anuale de substanță organică pe profilul solului este asemănătoare schimbărilor în rezervele de substanță organică a solului comparativ cu martorul nefertilizat prezentate în tabelul 2.

Pe variantele cu fertilizare minerală observăm aceeași legitate de distribuire a pierderilor anuale de substanță organică a solului ca și pe martorul nefertilizat, adică 1/3 din contul stratului de sol 0-40 cm și alte 2/3 din contul stratului 40-100 cm.

Folosirea separată a gunoiului de grajd, dar și în

Tabelul 4

**Schimbarea rezervelor de substanță organică a solului (după carbon) pe profilul solului sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament comparativ cu martorul absolut (nefertilizat) pentru perioada 1970-2009, t/ha**

Fond de fertilizare	Stratul de sol, cm															Pierderi anuale pentru stratul 0-100 cm, kg C/ha	Pierderi totale de C și ponderea lor pe straturi de sol					
	0-20			20-40			40-60			60-80			80-100				0-100			0-40' cm	40-100' cm	
	1970	2009	±	1970	2009	±	1970	2009	±	1970	2009	±	1970	2009	±		1970	2009	±			
Martor (nefertilizat)		50,6	-9,2		55,2	+2,2		31,7	-9,8		22,4	-2,8		16,6	-3,8		176,5	-23,4		-600,0	-7,0 29,9	-16,4 70,1
NPK <sub>1</sub>		55,2	-4,6		45,6	-7,4		29,9	-11,6		15,9	-9,3		10,9	-9,5		157,5	-42,4		-1087,2	-12,0 28,3	-30,4 71,7
NPK <sub>2</sub>		48,6	-11,2		47,5	-5,5		24,7	-16,8		15,9	-9,3		13,5	-6,9		150,2	-49,7		-1274,4	-16,7 33,6	-33,0 66,4
NPK <sub>3</sub>		48,4	-11,4		48,0	-5,0		27,8	-13,7		14,3	-10,9		13,0	-7,4		151,5	-48,4		-1241,0	-16,4 33,9	-32 66,1
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	59,8	51,3	-8,5	53,0	54,7	+1,7	41,5	52,5	+11,0	25,2	25,7	+0,5	20,4	25,7	+5,3	199,9	209,9	+10,0	+256,4	-6,8 -	+16,8 168,0	
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>		53,0	-6,8		52,8	-0,2		39,5	-2,0		30,9	+5,7		24,2	+3,8		200,4	+0,5	+12,8	-7,0 -	+7,5 1500	
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>		53,9	-5,9		57,1	+4,1		46,5	+5,0		36,9	+11,7		22,6	+2,2		217,0	+17,1	+438,5	-1,8 -	+18,9 110,5	
15 t/ha gunoi de grajd		51,7	-8,1		52,8	-0,2		42,9	+1,4		33,8	+8,6		20,5	+0,1		201,7	+1,8	+46,1	-8,3 -	+10,1 561,1	

\* numărător – (+) t/ha; numitor – % din pierderile totale pe profilul solului 0-100 cm

**Schimbarea rezervelor de azot total pe profilul solului sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament comparativ cu martorul absolut (nefertilizat), 2009, t/ha**

Stratul de sol, cm	Martor (nefertilizat)	Spor față de martor, ± t/ha / % *						
		NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	15 t/ha gunoi de grajd +NPK <sub>1</sub>	15 t/ha gunoi de grajd +NPK <sub>2</sub>	15 t/ha gunoi de grajd +NPK <sub>3</sub>	15 t/ha gunoi de grajd
0-20	3,82 100%	+0,12 3,1	+0,25 6,5	-0,12 3,1	+1,11 29,1	+0,36 9,4	+0,87 22,8	+1,22 31,9
20-40	4,56 100%	-0,94 20,6	-0,79 17,3	-0,67 14,7	+0,29 6,3	-0,38 8,3	+0,14 3,1	+0,14 3,1
40-60	2,47 100%	+0,57 23,1	+0,29 11,7	+0,57 23,1	+2,03 82,2	+1,01 40,9	+1,46 59,1	+1,33 53,8
60-80	1,90 100%	0 -	+0,13 6,8	0 -	+0,86 45,3	+1,01 53,2	+1,58 83,2	+1,01 53,2
80-100	1,46 100%	+0,15 10,3	+0,15 10,3	0 -	+0,85 58,2	+1,17 80,1	+1,01 69,2	+0,72 49,3
0-100	14,2 100%	-0,1 0,7	+0,03 0,2	-0,22 1,5	+5,14 36,2	+3,17 22,3	+5,06 35,6	+4,42 31,1

\* numărător – spor față de martor, t/ha; numitor – % față de martorul absolut (nefertilizat)

combinare cu îngrășămintele minerale, a contribuit în egală măsură la reducerea rezervelor de substanță organică a solului în stratul de sol 0-40 cm (pierderi totale – 6,8-8,3 t C/ha), cu excepția celei mai înalte doze de îngrășămintă minerală, unde pierderile totale au fost cu mult mai mici (1,8 t C/ha). Contrar variantelor de fertilizare minerală, pe variantele cu fertilizare organică și organo-minerală are loc o acumulare considerabilă a substanței organice a solului în stratul de 40-100 cm, constituind 16,8-18,9 t C/ha la aplicarea gunoiului de grajd simultan cu cea mai mică și cea mai mare doză de îngrășămintă minerală, corespunzător, și 7,5-10,1 t C/ha la aplicarea gunoiului de grajd cu o doză medie de îngrășămintă minerală sau de îngrășămintă organice, corespunzător.

Cauzele și consecințele migrării substanțelor organice a solului pe profil la aplicarea îngrășămintelor organice și organo-minerale necesită cercetări suplimentare, dar fără îndoială sunt de o importanță majoră pentru agricultura modernă.

**• Schimbări în rezervele de azot total sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament.**

Analogic datelor prezentate anterior pe substanța organică a solului (după carbon) vom urmări, după schimbarea rezervelor de azot total pe profilul solului la aplicarea diferitor sisteme de fertilizare a solului comparativ cu martorul nefertilizat (tabelul 5), și schimbările în timp ale rezervelor de azot total

**Schimbarea rezervelor de azot total pe profilul solului sub influența diferitor sisteme de fertilizare în asolament comparativ cu martorul absolut (nefertilizat) pentru perioada 1970-2009, t/ha**

Fond de fertilizare	Stratul de sol, cm															Pierderi anuale pentru stratul 0-100 cm, kg N/ha	Pierderi totale de N și ponderea lor pe straturi de sol				
	0-20			20-40			40-60			60-80			80-100				0-100			0-40 cm <sup>2</sup>	40-100 cm <sup>2</sup>
	1970	2009	±	1970	2009	±	1970	2009	±	1970	2009	±	1970	2009	±		1970	2009	±		
Martor (nefertilizat)	5,04	3,82	-1,82	5,43	4,56	-0,87	4,19	2,47	-1,72	3,44	1,90	-1,54	2,90	1,46	-1,44	21,6	14,21	-7,39	-189,5	-2,69	-4,7
NPK <sub>1</sub>	5,04	3,94	-1,70	5,43	3,62	-1,81	4,19	3,04	-1,15	3,44	1,90	-1,54	2,90	1,61	-1,29	21,6	14,11	-7,49	-192,0	-3,51	-3,98
NPK <sub>2</sub>	5,04	4,07	-1,57	5,43	3,77	-1,66	4,19	2,76	-1,43	3,44	2,03	-1,41	2,90	1,61	-1,29	21,6	14,24	-7,36	-188,7	-3,23	-4,13
NPK <sub>3</sub>	5,04	3,70	-1,94	5,43	3,89	-1,54	4,19	3,04	-1,15	3,44	1,90	-1,54	2,90	1,46	-1,44	21,6	13,99	-7,61	-195,1	-3,48	-4,13
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	5,04	4,93	-0,71	5,43	4,85	-0,58	4,19	4,50	+0,31	3,44	2,76	-0,68	2,90	2,31	-0,59	21,6	19,35	-2,25	-57,7	-1,29	-0,96
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>	5,04	4,18	-1,46	5,43	4,18	-1,25	4,19	3,48	-0,71	3,44	2,91	-0,53	2,90	2,63	-0,27	21,6	17,38	-4,22	-108,2	-2,71	-1,51
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>	5,04	4,69	-0,95	5,43	4,70	-0,73	4,19	3,93	-0,26	3,44	3,48	+0,04	2,90	2,47	-0,43	21,6	19,27	-2,33	-59,7	-1,68	-0,65
15 t/ha gunoi de grajd	5,04	5,04	-0,60	5,43	4,70	-0,73	4,19	3,80	-0,39	3,44	2,91	-0,53	2,90	2,18	-0,72	21,6	18,63	-2,97	-76,1	-1,33	-1,64

\* numărător – (+) t/ha; numitor – % din pierderile totale pe profilul solului

comparativ cu perioada inițială a experienței pe toate sistemele de fertilizare a solului (tabelul 6).

Utilizarea îngrășămintelor minerale nu influențează asupra schimbării rezervelor de azot total pe întreg profilul solului (0-100 cm) comparativ cu martorul nefertilizat. Excepție reprezintă doar cea mai înaltă doză de îngrășămintele minerale (NPK<sub>3</sub>), în urma căreia se observă o reducere a rezervelor de azot total cu 0,22 t/ha (1,5%). Îngrășămintele organice și organo-minerale îmbogățesc considerabil solul cu azot (tab.5).

Sporul rezervelor de azot total față de martorul nefertilizat pe aceste variante alcătuiește 4,42-5,14 t/ha (31,1-36,2%) pentru variantele cu folosirea

gunoiului de grajd sau a gunoiului de grajd împreună cu cea mai mică și cea mai mare doză de îngrășămintele minerale. Doza medie de îngrășămintele minerale pe fondul aceleiași doze de îngrășămintele organice a asigurat un spor de 3,17 t N/ha (22,3%) în rezerva de azot total.

La aplicarea îngrășămintelor minerale, pierderile de azot în stratul de sol 0-40 cm echivalează aproximativ cu acumularea de azot total în stratul 40-100 cm. Dar în întregime schimbările în rezervele totale de azot, comparativ cu martorul nefertilizat, sunt nesemnificative (tabelul 7).

După cum a fost menționat mai sus, excesul de azot în stratul 40-100 cm la aplicarea îngrășămintelor

Tabelul 7

**Ponderea straturilor de sol 0-40 și 40-100 cm în acumularea sau pierderea de azot total la aplicarea diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament comparativ cu martorul nefertilizat, 2009, t N/ha, %**

Stratul de sol, cm	Sistemele de fertilizare în asolament*						
	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	15 t/ha +NPK <sub>1</sub>	15 t/ha +NPK <sub>2</sub>	15 t/ha +NPK <sub>3</sub>	15 t/ha
0-40	-0,82	-0,54	-0,79	+1,4 27,2	-0,02 0	+1,01 20,0	+1,36 30,8
40-100	+0,72	+0,57	+0,57	+3,74 72,8	+3,19 100,1	+4,05 80,0	+3,06 69,2
0-100	-0,1 100%	+0,03 100%	-0,22 100%	+5,14 100%	+3,17 100%	+5,06 100%	+4,42 100%

\* - numărător – (±); numitor – % din pierderile totale pe profilul solului

minerale, comparativ cu martorul nefertilizat în condițiile insuficienței de carbon ca sursă energetică pentru activitatea microorganismelor, contribuie la o mineralizare relativ mai intensă a substanței organice a solului. Pe variantele cu fertilizare organo-minerală și organică, acumularea azotului total, analogic carbonului, are loc preponderent datorită stratului de sol 40-100 cm (69,2-100,1%). Schimbările în timp ale rezervelor de azot total pe toate variantele studiate sunt prezentate în tab.6.

Spre deosebire de carbon, rezervele de azot total suferă pierderi pe toate sistemele de fertilizare și pe întreg profilul solului. Cele mai înalte pierderi anuale de azot pentru stratul 0-100 cm au fost stabilite pe martorul nefertilizat și pe variantele cu fertilizare minerală (188,7-195,1 kg N/ha). Pierderile scad considerabil la aplicarea îngrășămintelor organo-minerale și organice (57,7-108,2 kg N/ha). Menționăm la fel anticipat, că pierderile anuale de azot corelează cu nivelul de producție obținut, fiind mai mici pe variantele cu un nivel de producție mai mic (57,7-59,7 kg N/ha) și mai mari pe variantele cu un nivel de producție mai mare (76,1-108,2 kg N/ha). Pierderile relative de azot la aplicarea îngrășămintelor minerale sunt mai mici din stratul

0-40 cm și mai mari din stratul 40-100 cm cu 43,9-46,9% și 53,1-56,1%, corespunzător. Pe fondul cu îngrășămintele organo-minerale și organice situația este diametral opusă – 55,2-72,1% și 27,9-42,7%, corespunzător. După intensitatea pierderilor de azot martorul nefertilizat este mai aproape de sistemul organic și organo-mineral de fertilizare, decât de sistemul mineral de fertilizare.

• **Eficacitatea folosirii carbonului pe diferite sisteme de fertilizare a solului în asolament.**

În scopul evaluării influenței diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament asupra substanței organice a solului am calculat bilanțul substanței organice a solului (după carbon) pentru perioadele 1971-2009 și 1991-2009 (tab. 8, 9). Aceste două perioade diferă după cantitatea de îngrășămintele organice și minerale folosite.

Sistemele de fertilizare au influențat nivelul de producție obținut exprimat în substanță uscată. Îngrășămintele minerale au contribuit la creșterea producției, pentru primele două doze, cu 14,8 și 34,6%, corespunzător (tabelul 8).

Sporirea ulterioară a dozelor de îngrășămintele minerale nu a condus la creșterea nivelului de

**Bilanțul substanței organice a solului (după carbon) în experiența de câmp de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament, 1971-2009, câmpul 2**

Sisteme de fertilizare	Recolta, substanța uscată / an		Input de C, kg/ha / an			Output de C, kg/ha/an			Bilanțul C, kg/ha / an		Coeficientul de humificare a gunoiului de grajd, %	
	t/ha	Spor de producție t/ha %	Cu resturi vegetale	Cu gunoi de grajd	total	Pierderi mineralizaționale		Extras de C cu producția	0-20 cm	0-100 cm	0-20 cm	0-100 cm
						0-20 cm	0-100 cm					
Martor (nefertilizat)	10,1	-	2000	-	2000	-236	-600	-4040	-2276	-2640	-	-
NPK <sub>1</sub>	11,6	$\frac{+1,5}{14,8}$	2200	-	2200	-118	-1087	-4640	-2558	-3527	-	-
NPK <sub>2</sub>	13,6	$\frac{+3,5}{34,6}$	2430	50,8	2481	-287	-1274	-5440	-3246	-4233	0	0
NPK <sub>3</sub>	13,3	$\frac{+3,2}{31,7}$	2510	50,8	2561	-292	-1241	-5320	-3051	-4000	0	0
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	13,3	$\frac{+3,2}{31,7}$	2630	573	3203	-218	+256	+5320	-2335	-1861	0	44,7
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>	14,2	$\frac{+4,1}{40,6}$	2650	573	3223	-174	+13	+5680	-2631	-2444	0	2,3
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>	14,9	$\frac{+4,8}{47,5}$	2660	573	3233	-151	+439	-5960	-2878	-2288	0	76,6
15 t/ha gunoi de grajd	15,1	$\frac{+5,0}{49,5}$	2690	328	3018	-208	+46	-6040	-3230	-2976	0	14,0

producție. Aplicarea gunoiului de grajd pe fondul celei mai mici doze de îngrășăminte minerale a asigurat obținerea unui nivel de producție similar celui obținut de la aplicarea separată a celei mai înalte doze de îngrășăminte minerale. Majorarea ulterioară a dozelor de îngrășăminte minerale a contribuit la un spor de producție cu 40,6 și 47,5%, corespunzător. Cel mai înalt spor de producție – 49,5% – a fost obținut de la aplicarea separată a aceleiași doze de gunoi de grajd.

Inputul de carbon cu resturile vegetale a fost determinat după raportul dintre producția de bază și cantitatea de resturi vegetale rămasă în sol, în baza datelor proprii și datelor generalizate din diferite surse bibliografice [8]. Cantitatea de gunoi de grajd folosită corespunde sistemului de fertilizare pentru fiecare variantă din experiență. Conținutul de carbon în resturile vegetale subterane și aeriene a fost stabilit în mărime medie de 40%, iar cantitatea de carbon în compost conform analizelor efectuate anual constituie în medie 13,2%. Pierderile mineralizaționale anuale pentru ambele straturi de sol au fost determinate experimental și corespund celor indicate în tabelul 4. Extrasul de carbon cu partea aeriană a plantelor a fost stabilit reieșind din producția obținută în formă de materie uscată pe diferite sisteme de fertilizare.

Bilanțul carbonului este în mare măsură convențional, deoarece nu ține cont de o serie de inputuri, dar permite, în linii generale, de a

evalua tendințele de bază în asigurarea cu carbon a agroecosistemului.

Cantitatea de carbon extrasă cu roada, evident, este considerabil mai mare decât cantitatea compensată cu resturile vegetale și gunoiul de grajd pe toate variantele sistemelor de fertilizare a solului. La rândul său, cel mai pronunțat deficit de carbon, de 2558-3246 și 3527-4233 kg/ha/an, se atestă pe sistemul mineral de fertilizare în asolament, atât în stratul 0-20 cm, cât și în stratul 0-100 cm, corespunzător. Deficitul de carbon se reduce la aplicarea îngrășămintelor organo-minerale pentru ambele straturi de sol, dar îndeosebi pentru stratul 0-100 cm, cu 2335-2878 și 1861-2444 kg/ha/an, corespunzător.

Fondul de fertilizare cu îngrășăminte organice ocupă o poziție intermediară.

Deseori, pentru determinarea coeficientului de humificare se folosesc datele cu privire la schimbările de lungă durată ale conținutului de carbon în straturile 0-20 și 20-40 cm. Coeficientul de humificare a gunoiului de grajd reprezintă raportul dintre cantitatea de carbon introdusă în sol cu gunoiul de grajd și cantitatea de carbon fixată în formă de substanță organică a solului. În cazul nostru, aplicarea gunoiului de grajd nu asigură acumularea substanței organice a solului în straturile 0-20 și 20-40 cm, dar acumularea se produce totuși datorită straturilor inferioare pe profilul solului. Coeficientul de humificare a gunoiului de grajd la aplicarea lui

**Bilanțul substanței organice a solului (după carbon) în experiența de câmp de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament, 1991-2009, câmpul 2**

Sisteme de fertilizare	Recolta, substanța uscată / an		Input de C kg/ha / an			Output de C, kg/ha/an			Bilanțul C, kg/ha / an		Coeficientul de humificare a gunoiului de grajd, %	
	t/ha	Spor de producție t/ha %	Cu resturi vegetale	Cu gunoi de grajd	total	Pierderi mineralizaționale		Extras de C cu producție	0-20 cm	0-100 cm	0-20 cm	0-100 cm
						0-20 cm	0-100 cm					
Martor (nefertilizat)	10,1	-	2000	-	2000	-236	-600	-4040	-2276	-2640	-	-
NPK <sub>1</sub>	11,9	$\frac{+1,8}{17,8}$	2170	-	2170	-118	-1087	-4760	-2708	-3677	-	-
NPK <sub>2</sub>	12,3	$\frac{+2,2}{21,8}$	2270	-	2270	-287	-1274	-4920	-2937	-3924	-	-
NPK <sub>3</sub>	13,0	$\frac{+2,9}{28,7}$	2380	-	2380	-292	-1241	-5200	-3112	-4061	-	-
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	13,0	$\frac{+2,9}{28,7}$	2500	328	2828	-218	+256	-5200	-2590	-2116	0	78,0
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>	14,3	$\frac{+4,2}{41,6}$	2550	328	2878	-174	+13	-5720	-3016	-2829	0	4,0
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>	14,0	$\frac{+3,9}{38,6}$	2560	328	2888	-151	+439	-5600	-2863	-2273	0	133,8
15 t/ha gunoi de grajd	14,4	$\frac{+4,3}{42,6}$	2610	328	2938	-208	+46	-5760	-3030	-2776	0	14,0

separată în asolament a constituit 14% pentru întreg profilul solului de 0-100 cm. La aplicarea gunoiului de grajd de rând cu îngrășămintele minerale coeficientul de humificare a gunoiului de grajd crește până la 44,7-76,6% pentru întreg profilul de sol 0-100 cm. Ca și în cazul precedent, majorarea are loc datorită straturilor mai adânci pe profilul solului. Rămâne surprinzătoare reducerea drastică a coeficientului de humificare a gunoiului de grajd la combinarea lui cu doza medie (NPK<sub>2</sub>) de folosire a îngrășămintelor minerale.

Aceeași legitate se păstrează și pentru perioada de timp 1991-2009 (tabelul 9).

**• Eficacitatea folosirii azotului total pe diferite sisteme de fertilizare a solului în asolament.**

Pentru a evalua eficiența folosirii azotului pe diferite sisteme de fertilizare a solului în asolament am calculat bilanțul azotului în experiența de câmp de lungă durată pentru perioadele de timp 1973-2009 și 1991-2009. Rezultatele obținute sunt prezentate în tab. 10 și 11, corespunzător.

După nivelul de producție pe martor nefertilizat și variantele cu diferite sisteme de fertilizare a fost determinată ponderea fertilității solului în formarea producției. În lipsa fertilizării, producția culturilor

este formată în baza fertilității solului. La aplicarea fertilizanților minerali și organici o parte de producție este formată pe seama fertilității solului, iar o altă parte pe seama fertilizanților folosiți. Indiferent de sistemul de fertilizare utilizat, ponderea fertilității solului în formarea nivelului de producție variază de la 66,9 până la 87,1%. Astfel, ponderea fertilizării solului în formarea nivelului de producție constituie doar 12,9-33,1%. Ponderea fertilizării în formarea nivelului de producție este mai mică la aplicarea sistemului mineral de fertilizare (12,9-28,3%) și crește odată cu aplicarea îngrășămintelor organo-minerale și organice (24,0-33,1%).

Inputul de azot cu îngrășămintele minerale și organice corespunde schemei de folosire a îngrășămintelor pe variantele studiate în câmpul 2 al asolamentului. Cantitatea de azot de la cultura precedentă rămasă în sol a fost calculată ca fiind diferența dintre capacitatea potențială de mineralizare a azotului din sol (echivalent, de regulă, cu extrasul azotului de către cultura sfeclei de zahăr în partea de nord a Republicii Moldova) și cantitatea de azot extrasă din sol de cultura concretă cultivată în același an, dar pe alt câmp. Această cantitate de azot nefolosită în anul curent trece pentru cultura următoare, fiind supusă riscului de pierdere sau prin levigare, sau prin volatilizare. În una din lucrările



precedente, realizată în cadrul aceleiași experiențe, a fost analizat pericolul levigării nitraților în apele subterane [1].

La calcularea bilanțului de azot pentru ambele straturi de sol 0-20 și 0-100 cm, din cantitatea totală de azot extrasă cu producția se exclude cantitatea rămasă în sol de la cultura precedentă.

Coeficientul de folosire a azotului din îngrășămintele minerale, exprimat în procente, a fost calculat ca diferența dintre cantitatea de azot extrasă de plante pe varianta fertilizată ținând cont de azotul folosit din sol de la cultura precedentă și cantitatea de azot extrasă pe martorul nefertilizat, împărțită la doza de azot aplicată cu îngrășămintele minerale. Coeficientul de folosire a azotului din îngrășămintele minerale scade de la 31,4 până la 14,8% odată cu majorarea dozelor de îngrășămintele minerale, se stabilizează la nivel de 20-25,7% la folosirea aceluiași doze de îngrășămintele minerale pe fondul a 15 t/ha gunoi de grajd și ajunge nivelul de 49,1% la aplicarea separată pe parcursul ultimilor 18 ani a îngrășămintelor organice.

Datele cu privire la eficiența utilizării azotului în aceeași experiență de câmp de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament pentru perioada 1991-2009 sunt în mare măsură analogice celor prezentate în tabelul 9 pentru perioada 1973-2009. Diferența constă în faptul că pentru perioada 1973-1990 asolamentul a fost constituit din 5 sole, iar începând cu 1991 a fost inclusă încă o solă, adică s-a trecut

la un asolament cu 6 sole. Este surprinzătoare, la prima vedere, situația în ce privește valorile nesemnificative ale coeficientului de folosire a azotului din îngrășămintele minerale practic pe toate variantele fertilizate. Dacă comparăm datele din tabelele 10 și 11 observăm creșterea cantității de azot rămasă de la cultura precedentă odată cu trecerea de la asolamentul cu 5 sole (1973-1990) la asolamentul cu 6 sole, sporul fiind de 1,3-1,9 ori. Bunăoară, pe martorul absolut cantitatea de azot de la cultura precedentă a crescut de la 7,4 până la 14,3 kg/ha/an.

Astfel, diversitatea culturilor în asolament determină utilizarea eficientă a îngrășămintelor minerale. Cu cât diversitatea culturilor în asolament este mai mică, cu atât mai înaltă este eficacitatea folosirii îngrășămintelor minerale de azot. Și invers, cu cât diversitatea culturilor este mai înaltă, cu atât eficacitatea folosirii azotului din îngrășămintele minerale este mai mică. Putem presupune că în cultura permanentă, eficacitatea îngrășămintelor minerale va fi mai înaltă decât în asolament, fapt confirmat în cercetările noastre anterioare [2, 9]. Cooperarea specialiștilor din diferite domenii va fi extrem de benefică în argumentarea ulterioară a acestei legături. Nu mai puțin importantă este, pornind de la această constatare, necesitatea ajustării dozelor de azot din îngrășămintele minerale la capacitatea potențială a solului de a asigura plantele cu azot accesibil, ceea ce va reduce considerabil folosirea nerațională a îngrășămintelor de azot.

*Tabelul 10*

**Eficacitatea utilizării azotului în experiența de câmp de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament, media pentru anii 1973-2008, câmpul 2**

Sistemul de fertilizare în asolament	Producția, t/ha substanță uscată	Pondereea fertilității solului în formarea producției, %	Input de N, kg/ha				Pierderile mineralizaționale anuale, kg N/ha		Extrasul cu producția de bază și secundară, kg/ha	Bilanțul N, kg/ha/an		Coeficientul de folosire a N din îngrășămintele minerale, %		
			cu îngrăș. minerale	cu îngrăș. organice	de la cultura precedentă	total	0-20 cm	0-100 cm		0-20 cm	0-100 cm	Extrasul de N cu roadă minus N de la cultura precedentă, kg/ha	Cantitatea de N suplimentar extrasă, kg/ha	Coeficientul de folosire a N din îngrășămintele minerale, kg/ha
Martor (nefertilizat)	10,1	100	-	-	7,4	7,4	46,7	189,5	94,3	-133,6	-276,4	86,9	-	-
NPK <sub>1</sub>	11,6	87,1	25,8	-	25,4	51,2	43,6	192,1	120,4	-112,8	-261,3	95	8,1	31,4
NPK <sub>2</sub>	13,6	74,3	58,3	5,5	33,1	96,9	40,3	188,7	135,2	-78,6	-227	102,1	15,2	26,1
NPK <sub>3</sub>	13,3	76,0	71,7	5,5	37,9	115,1	49,7	195,1	135,4	-70,0	-215,4	97,5	10,6	14,8
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	13,3	76,0	42,5	62	40,0	144,5	18,2	57,7	135,4	-9,1	-48,6	95,4	8,5	20,0
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>	14,2	71,1	59,2	62	39,1	160,3	37,4	108,2	141,2	-18,3	-89,1	102,1	15,2	25,7
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>	14,9	67,8	75,8	62	38,6	176,4	24,4	59,7	142,3	+9,7	-25,6	103,7	16,8	22,2
15 t/ha gunoi de grajd	15,1	66,9	53,3	35,5	31,3	120,1	15,4	76,1	144,4	-39,7	-100,4	113,1	26,2	49,1

**Eficacitatea utilizării azotului în experiența de câmp de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament, media pentru anii 1991-2008, câmpul 2**

Sistemul de fertilizare în asolament	Producție, t/ha substanță uscată	Pondere fertilității solului în formarea producției, %	Input de N, kg/ha				Pierderile mineralizaționale anuale, kg N/ha		Extrasul cu producția de bază și secundară kg/ha/an	Bilanțul N, kg/ha/an		Extrasul N cu roadă minus N de la cultura precedentă, kg/ha	Extragerea suplimentară de N pe fond fertilizat kg/ha	Coeficientul de folosire a N din îngrășăminte minerale
			cu îngrăș. minerale	cu îngrăș. organice	de la cultura precedentă	total	0-20 cm	0-100 cm		0-20 cm	0-100 cm			
Martor (nefertilizat)	10,1	100	-	-	14,3	14,3	46,7	189,5	89,4	-121,8	-264,6	75,1	-	-
NPK <sub>1</sub>	11,9	84,2	30	-	39,0	69,0	43,6	192,1	114,5	-119,1	-267,6	75,5	+0,4	1,3
NPK <sub>2</sub>	12,3	82,1	50	-	44,6	94,6	40,3	188,7	118,9	-114,6	-263	74,3	-	0
NPK <sub>3</sub>	13,0	77,7	70	-	46,5	116,5	49,7	195,1	123,1	-126,3	-271,7	76,6	+1,5	2,1
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	13,0	77,7	30	14,2	52,7	96,9	18,2	57,7	123,1	-88,6	-128,1	70,4	-	0
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>	14,3	70,6	50	14,2	51,7	115,9	37,4	108,2	129,9	-115,6	-186,4	78,2	+3,1	6,2
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>	14,0	72,1	70	14,2	53,7	137,9	24,4	59,7	127,9	-98,6	-133,9	74,2	-	0
15 t/ha gunoi de grajd	14,4	70,1	-	14,2	42,2	56,4	15,4	76,1	132,4	-105,6	-166,3	90,2	+15,1	-

O situație analogică s-a constatat în una din cele mai vechi experiențe de câmp din SUA – Morrow Plots – inițiată în 1904 pe lângă Universitatea de Stat din Illinois. Datele au fost confirmate prin sinteza rezultatelor obținute în majoritatea experiențelor de

lungă durată din lume [5, 6]. Cât va dura în timp această capacitate avansată a solului de a asigura plantele cu azot odată cu trecerea la un asolament de o durată mai lungă rămâne o întrebare deschisă. Rolul experiențelor de lungă durată în acest context

**Producția culturilor pe rotații cu studierea diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament, tone masă uscată/ha**

Sistemul de fertilizare în asolament	Anii														Media 1991-2008	
	1976-1980		1981-1985		1986-1990		Medie 1976-1990		1991-1996		1997-2002		2003-2008*			
	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an	t/ha	kg N/ha/an
Martor (nefertilizat)	7,5	-	9,6	-	10,0	-	9,0	-	8,3	-	10,9	-	9,0	-	9,4	-
NPK <sub>1</sub>	7,5	-	11,6	30	12,0	48	10,4	26	10,1	30	12,6	30	10,5	30	11,1	30
NPK <sub>2</sub>	12,4	60	14,8	48	12,9	72	13,4	60	10,9	60	12,4	60	11,0	60	11,4	60
NPK <sub>3</sub>	12,4	60	15,5	66	7,2	96	11,7	74	11,1	70	13,2	70	11,7	70	12,0	70
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>1</sub>	12,4	60	15,5	48	7,2	48	11,7	52	11,1	30	13,2	30	11,7	30	12,0	30
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>2</sub>	12,9	60	16,4	72	7,8	72	12,4	68	11,7	50	15,0	50	12,6	50	13,1	50
15 t/ha gunoi de grajd + NPK <sub>3</sub>	12,9	60	16,8	90	13,5	96	14,4	82	10,9	75	14,4	70	12,5	70	12,6	70
15 t/ha gunoi de grajd	11,9	36	16,8	146	13,7	146	14,1	109,3	11,7	-	15,2	-	13,0	-	13,3	0

\* - în 2007 roadă a fost compromisă

este indispensabil. Totuși, cercetările științifice efectuate în experiențe de câmp de lungă durată în cadrul unui asolament nu pot îmbrățișa toată diversitatea de condiții existente în gospodăriile agricole de la câmp la câmp. Analizele solului nu întotdeauna permit a stabili corect doza necesară de îngrășăminte minerale, deoarece conținutul de elemente nutritive în sol nici pe departe nu mărturisesc despre vitalitatea solului. Apare necesitatea stringentă de a aprecia eficacitatea îngrășămintelor minerale pe diferite câmpuri și sub diferite culturi nemijlocit în gospodăriile agricole prin folosirea fâșiilor fertilizate și nefertilizate. Problema este extrem de actuală, mai cu seamă în condițiile scumpirii continue a îngrășămintelor minerale de azot și pericolului înalt de pierderi prin levigare sau volatilizare a azotului. Eficacitatea agronomică a îngrășămintelor la moment necesită ajustare la realitatea economică și consecințele ecologice. Probabil, va fi mai rațional de a modifica sistemele de rotație a culturilor și (sau) de lucrare a solului decât de a majora dozele de îngrășăminte minerale cu azot.

Ținem să accentuăm încă un aspect important pentru agricultura modernă, care urmează să fie luat în considerație dacă dorim să adoptăm o agricultură durabilă, mai puțin dependentă de sursele energetice nerenovabile și mai puțin riscantă pentru resursele naturale (sol, apă, aer, vegetație), sănătatea oamenilor și animalelor. În tabelul 12 sunt prezentate datele experimentale cu privire la producția culturilor de câmp în substanță uscată pe rotații, începând cu anul 1976. Fără o analiză mai detaliată este evident că nivelul de producție la aplicarea dozelor moderate și înalte de îngrășăminte minerale cedează sau este echivalent cu cel obținut de la aplicarea concomitentă a îngrășămintelor organice și minerale în aceleași gradații. Efectul pozitiv al îngrășămintelor organice pe fondul celor minerale nu poate fi explicat doar prin majorarea cantității de nutriție minerală a plantelor, ci și prin ameliorarea proprietăților agrofizice și biologice ale solului.

Extrem de curios este faptul că îngrășămintele organice, aplicate separat pe parcursul ultimilor 18 ani, au asigurat cel mai înalt nivel de producție comparativ cu celelalte sisteme de fertilizare a solului în asolament, inclusiv aplicarea aceleiași doze de gunoi de grajd împreună cu îngrășămintele minerale. Capacitatea plantelor de a se asigura cu nutriție în deplină măsură pe aceste variante rămâne încă o problemă puțin studiată. Însuși faptul demonstrat anterior de formare preponderentă a

nivelului de producție în baza fertilității solului demonstrează importanța prezenței în sol a unui rezervor de nutriție accesibilă plantelor în formă de fracție labilă a substanței organice a solului. Nu mai puțin semnificativă este viteza de transformare a rezervelor de azot în sol, care până la urmă determină eficacitatea folosirii azotului din îngrășămintele minerale [8].

Rolul aplicării suplimentare a azotului cu îngrășăminte minerale scade odată cu lărgirea dimensiunii fracției labile a substanței organice a solului și cu intensitatea proceselor de transformare a ei. Dilema enunțată în literatura științifică de specialitate cu privire la necesitatea nutriției plantelor sau a solului rămâne destul de actuală, îndeosebi, pentru solurile de cernoziom. Problema este legată de pericolul folosirii ineficiente a azotului din îngrășămintele minerale în condițiile secetelor frecvente. Aceste discuții au căpătat o nouă amploare în legătură cu tranziția la un nou sistem de agricultură durabilă, inclusiv cea ecologică [3, 7]. Restabilirea funcționalității solului, capacității de autoreglare a proceselor de sinteză-descompunere a substanței organice a solului devine problema centrală în vederea tranziției la un sistem de agricultură durabilă.

## Concluzii:

1. Rezervele de substanță organică în sol (după carbon) se micșorează față de martorul nefertilizat la aplicarea sistemului mineral de fertilizare, îndeosebi, începând cu stratul 20-40 cm și mai departe pe profilul solului. Astfel, azotul din îngrășămintele minerale contribuie la o mineralizare mai intensă a substanței organice a solului. Sistemul organo-mineral și organic de fertilizare în asolament, din contra, contribuie la acumularea considerabilă a substanței organice în stratul de sol 40-60 cm și mai departe pe profilul solului.

2. Pierderile anuale de substanță organică a solului (după carbon) în stratul de 0-100 cm pentru perioada 1970-2009 la aplicarea sistemului de fertilizare minerală în asolament au constituit 1087,2-1274,4 kg C/ha, iar pe martorul nefertilizat 600 kg C/ha. Sistemele de fertilizare organo-minerală și organică în asolament au contribuit la acumularea substanței organice pe profilul solului 0-100 cm în diapazonul de 12,8-438,5 kg C/ha (după carbon). Atât reducerea rezervelor de substanță organică pe fondul sistemului mineral de fertilizare, cât și acumularea substanței organice a solului pe fondul sistemelor organice și organo-minerale de fertilizare, s-au produs pe seama stratului de sol pe profil mai adânc de 40 cm (până la 100 cm).

3. Rezervele de azot total practic rămân fără schimbări pe întreg profilul solului la aplicarea sistemului mineral de fertilizare, comparativ cu martorul nefertilizat, iar la aplicarea sistemelor de fertilizare organo-minerală și organică în asolament are loc acumularea azotului total, preponderent în straturile de sol mai jos de 40 cm pe profilul solului.

4. Pierderile anuale de azot total în stratul 0-100 cm pentru perioada 1970-2009 la aplicarea sistemului mineral de fertilizare în asolament au constituit 188,7-195,1 kg N/ha, fiind la nivelul martorului nefertilizat – 189,5 kg N/ha. Pierderile de azot au fost mai mici pe fondul sistemelor organo-minerale și organice de fertilizare în asolament, constituind 57,7-108,2 kg N/ha. Pierderile au avut loc preponderent pe seama stratului 40-100 cm la aplicarea sistemului mineral de fertilizare în asolament și 0-40 cm la aplicarea sistemelor de fertilizare organo-minerală și organică.

5. Bilanțul carbonului pe toate sistemele de fertilizare în asolament este profund negativ, mai cu seamă, pe fondul sistemului mineral de fertilizare. Coeficientul de humificare a gunoiiului de grajd la aplicarea separată a îngrășămintelor organice în doză de 15 t/ha, în ambele perioade de executare a experienței (1970-2009 și 1991-2009), a constituit 14%. Coeficientul de humificare a gunoiiului de grajd crește considerabil în stratul de sol pe profil mai jos de 20 cm doar la aplicarea îngrășămintelor organo-minerale.

6. Bilanțul azotului la fel este profund negativ pe toate sistemele de fertilizare în asolament pentru stratul 0-100 cm, dar mai ales la aplicarea sistemului mineral de fertilizare. Coeficientul de utilizare a azotului pentru perioada 1973-2000 scade de la 31,4 până la 14,8% odată cu majorarea dozelor de fertilizare minerală, stabilizându-se în limitele 20,0-25,7% la aplicarea sistemului organo-mineral de fertilizare. Coeficientul de utilizare a azotului din îngrășămintele minerale scade drastic (până la zero) în perioada 1991-2008, odată cu lărgirea diversității culturilor în asolament.

7. Cu cât este mai înaltă diversitatea culturilor în asolament, cu atât este mai mare rolul azotului din sol în asigurarea necesității plantelor în azot, cu reducerea concomitentă a eficacității azotului din îngrășămintele minerale. Capacitatea solului de a aproviziona cu azot plantele urmează să fie evaluată experimental în fiecare gospodărie agricolă în scopul optimizării cheltuielilor economice la aplicarea îngrășămintelor minerale de azot și reducerii pericolului volatilizării în atmosferă sau levigării nitraților în apele subterane.

8. Ponderea fertilității solului în formarea nivelului de producție variază pe variantele cu

diferite sisteme de fertilizare în asolament de la 70,1 până la 84,9%, de aceea stabilirea unui complex de măsuri pentru managementul rațional al substanței organice a solului pe întreg profilul solului devine o necesitate stringentă în evoluția spre o agricultură durabilă în Republica Moldova.

## Bibliografie

1. Boincean B.P., Nica L.T., Stadnic S.S. *Levigarea nitraților la culturile de câmp în stepa Bălțului*. Akademos, Revista de știință, inovare, cultură și artă, nr.1 (16), 2010, p.91-98.

2. Boincean B., Nica L. *Productivity, fertilization and fertility of cernoziom soil in the steppe zone of Moldova*. In: Mineral versus organic fertilization. Conflict or synergies? Proceeding of the 16<sup>th</sup> international symposium of the international Scientific Centre of Fertilizers (CIEC), 16-19 September, 2007, Gent, Belgium, p.102-109.

3. Drinkwater L.E., Schipanski M., Snap S.S. and Jackson L.E. *Ecologically based nutrient management*. Chapter 6 in the book: Agricultural systems. Agroecology and rural innovation for development. Elsevier, Amsterdam, 2008, pp.161-210.

4. Gliessman S.R. *Agroecology. Ecological processes in sustainable agriculture*. Editor: Eric Ehgles, Lewis Publisher, Boca Raton, 2000, 357 p.

5. Khan S.A., Mulvaney R.L., Ellsworth T.R. and Boast C.W. *The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration*. Environment Quality, 36, 2007, pp.1821-1832.

6. Mulvaney R.L., Khan S.A. and Ellsworth T.R. *Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma of sustainable cereal production*. Environment Quality, 38, 2009, pp. 2295-2314.

7. Seiter S., Horwath W. *Strategies for managing soil organic matter to supply plant nutrients*. Chapter 9 in book: "Soil organic matter in sustainable agriculture" edited by Fred Magdoff and Ray Weil, CRC Press, USA, pp.269-293.

8. Боинчан Б.П. *Экологическое земледелие в Республике Молдова (севооборот и органическое вещество почвы)*, Chișinău, Știința, 1999, 263 p.

9. Боинчан Б.П. *Севооборот и урожайность полевых культур на черноземных почвах Молдавии*. Сборник докладов Международной научной конференции «Севооборот в современном земледелии», Москва, Издательство МСХА, 2004, с.43-49.

10. Докучаев В.В. *Русский чернозем. Отчет Вольному экономическому обществу*. Издание второе. Государственное издание сельскохозяйственной литературы, Москва, 1952, 634 с.

11. Костычев П.А. *Почвы Черноземной области России. Их происхождение, состав и свойства*. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, Москва, 1949, 239 с.

12. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. *Гумус и почвообразование*. Ленинград, Наука, Ленинградское отделение, 1980, 221 с.