

LEVIGAREA NITRAȚILOR LA CULTURILE DE CÂMP ÎN STEPĂ BĂLȚULUI

Dr. hab. Boris BOINCEAN

Dr. Leonid NICA

*Dr. Stanislav STADNIC**

Institutul de Fitotehnie,

Centrul Științifico-Practic „Selecția”

**Universitatea de Stat „Alecru Russo”*

din Bălți

NITRATE LEACHING FOR FIELD CROPS IN BALTI STEPPE

The article includes the experimental data on nitrate leaching in a long-term experiment with different systems of fertilization in crop rotation on cernozem soils from Balti steppe. Losses of nitrates have been found even on unfertilized plots. The lower is the vegetation period of crops or the shorter is the period between sowing and harvesting of crops the higher are the amount of unused nitrates. The dangers of nitrates losses are very high in the cool seasons of the year when the precipitations are higher than evapotranspiration, especially when the stocks of soil moisture are higher than field capacity of the soil. The losses of nitrates in average for 14 years on unfertilized plots consisted for different crops from 0,5 for 7,4 kg N-NO₃/ha. The potential for nitrates leaching is higher on fertilized plots.

The share of soil fertility in productivity formation for the whole crop rotation and the nitrogen use efficiency for different crops were determined. A proper crop and soil management can find solutions for preventing nitrate leaching in modern farming systems.

Tables – 9; diagrams – 1; bibliographical sources – 10.

Introducere

Agricultura modernă este bazată pe folosirea inputurilor din exterior în formă de surse energetice nerenovabile și derivatele lor (îngrășăminte minerale, pesticide etc.) pentru obținerea producției de culturi agricole. Unul din cele mai costisitoare elemente chimice este azotul folosit preponderent în formă de azotat de amoniu, la a cărui fabricare, potrivit procesului Haber-Bosch, se consumă cantități enorme de energie nerenovabilă. Pentru producerea unui kilogram de azotat de amoniu se consumă 14700 kkal de energie din surse energetice naturale nerenovabile [1, 8, 9].

Aproximativ a treia parte din toată energia folosită în agricultura modernă este consumată la producerea îngrășămintelor minerale, în deosebi, la cele de azot [9]. Conform calculului lui David Pimentel, utilizarea unei doze de 152 kg/ha de azot în formă de îngrășăminte minerale la porumb în SUA reprezintă 28 % din inputul total de energie la 1 ha [1].

Prețurile la îngrășămintele minerale de azot sunt astăzi mari și vor crește pe viitor din cauza resurselor limitate de energie nerenovabilă. De aceea, căutarea unor căi alternative de asigurare a necesităților plantelor cu azot rămâne o problemă acută nu doar pentru Republica Moldova, ci și pentru toată omenirea. Semnificația problemei crește în legătură cu faptul că eficacitatea folosirii azotului din îngrășămintele minerale de către plante este relativ mică. Conform datelor relatate de Mulvaney R.L. și coautorii (2009), coeficientul de folosire a azotului din îngrășămintele minerale de azot de către culturile cerealiere constituie 33 și 36 % [10]. Date similare au fost obținute în experiențe de lungă durată la cultura grâului de toamnă în Republica Moldova de către Andrieș S.V., Zagorcea C.L., Nakonecinaia Z.I. ș. a. [3, 5, 7]. Cantitatea nefolosită de azot provoacă probleme de ordin ecologic prin poluarea apelor subterane cu nitrați, pe de o parte, și prin volatilizarea oxizilor de azot în atmosferă, contribuind la încălzirea globală, pe de altă parte [2, 4, 6].

Prezenta lucrare urmărește să evalueze pericolul levigării nitraților pe profilul solului într-o experiență de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare a solului în asolament pe cernoziomul tipic din stepa Bălțului.

Materiale și metode de cercetare

Experiența a fost executată în asolament de câmp cu un caracter staționar de lungă durată în cadrul CȘP „Selecția” prin rotația culturilor: borceag de primăvară – grâu de toamnă – sfeclă de zahăr – porumb pentru boabe – orz de primăvară – floarea soarelui.

Solul lotului experimental reprezintă cernoziom tipic, luto-argilos, cu următoarea caracteristică agrochimică: humus – 4,7-4,1%; azot total – 0,24-0,26 %; fosfor – 0,12-0,13 %; potasiu – 1,20-1,40 %; pH_{H2O} – 6,6-7,1 %. În experiență conținutul de nitrați s-a determinat prin metoda potențiometrică cu electrodul selectiv. Conținutul de amoniac prin metoda fotocolorimetrică cu reactivul Nessler; fosforul mobil și potasiul schimbabil după Cirikov; rezervele de umiditate prin metoda gravimetrică.

Îngrășămintele minerale sunt prevăzute anual pentru culturile principale: grâu de toamnă, sfeclă de zahăr, porumb la boabe și floarea soarelui sub lucrarea de bază a solului în doze corespunzătoare cu excepția grâului de toamnă, unde doza de azot tehnic se administrează în 2 etape: ½ din toamnă și ½ primăvara devreme ca nutriție suplimentară. Dozele de îngrășăminte minerale nemijlocit sub culturile studiate constituie: la grâul de toamnă – N₉₀P₆₀K₆₀ kg s.a./ha; la sfecla de zahăr – N₆₀P₆₀K₆₀ kg s.a./ha; la porumb pentru boabe – N₉₀P₄₅K₄₅; la floarea soarelui – N₆₀P₉₀K₆₀ kg s.a./ha.

Gunoiul de grajd se încorporează în sol din toamnă pentru arătura de toamnă rezervată sfeclei

de zahăr (60 t) și florii soarelui (30 t). Orzul de primăvară și borceagul folosesc postacțiunea îngrășămintelor organice și minerale. Amplasarea variantelor în spațiu, sistematică, în 4 repetiții și 2 niveluri. Suprafața totală a parcelelor este de 242 m² în formă dreptunghiulară (5,6 x 43,2 m).

În experiență a fost aplicată agrotehnica acceptată pentru culturile de câmp respective în zona de nord a Republicii Moldova.

Rezultate și discuții

Metoda clasică de determinare a dozelor optime de fertilizare a solului cu îngrășăminte minerale și organice pentru diferite culturi constă în obținerea curbelor de reacție a culturilor la majorarea dozelor de îngrășăminte. Eficacitatea agronomică a utilizării diferitor îngrășăminte a fost determinată pentru diferite zone pedoclimaterice și pe diferite tipuri de sol. Totuși, această metodă nu permite sincronizarea cantității aplicate de azot cu cantitatea de azot extrasă cu producția de culturi. Asta, de fapt, este problema cheie la aplicarea îngrășămintelor minerale și organice, deoarece aprovizionarea cu azot și consumul de azot de către plante nu coincid. În biocenozele naturale solul este permanent acoperit cu covor vegetal, care folosește apa și nutriția din toate straturile de sol pe parcursul întregii perioade de vegetație. În agrocenoze solul nu este acoperit permanent cu covor vegetal și există o discrepanță considerabilă dintre cantitatea de azot prezentă în sol și cea necesară plantelor, în deosebi, în fazele critice de consum a nutrienților. De obicei, dozele de azot aplicate sunt mai mari pentru a compensa deficitul de azot în perioada de maximă folosire a azotului de către plante. Dozele de azot aplicate nu țin cont de mineralizarea azotului din sol și folosirea azotului de diferite culturi în cadrul asolamentului.

Pentru evaluarea capacității de mineralizare a azotului din sol autorii experienței au folosit cantitatea de azot extrasă de cultura sfeclei de zahăr pe matorul absolut (fără fertilizare). În medie, pentru anii 1996-2008, acest indicator a constituit 152,5 kg azot la 1 ha.

Diferența între cantitatea de azot extrasă de sfecla de zahăr și cantitatea de azot extrasă de orice altă cultură din asolament, reprezintă excesul de azot, care rămâne în sol pentru cultura următoare. În *tabelul 1* a fost calculat excesul de azot rămas în sol după diferite culturi pe matorul absolut (fără fertilizare).

Tabelul 1. Diferența între cantitatea de azot extrasă de sfecla de zahăr și celelalte culturi pe matorul absolut din asolament de lungă durată cu diferite sisteme de fertilizare, media pentru 1996-2009, CȘP "Selecția", kg N/ha

C u l t u r i					
borceag de primăvară	grâu de toamnă	sfeclă de zahăr	porumb la boabe	orz de primăvară	floarea soarelui
+60,5	+26,4	0	+27,4	+92,1	+59,8

Cea mai mare cantitate de azot rămâne în sol

după borceagul de primăvară și floarea soarelui (60,5 – 59,8 kg N/ha), dar, îndeosebi, după orzul de primăvară (92,1 kg N/ha). O cantitate mai mică de azot rămâne după grâul de toamnă și porumbul de boabe (26,4-27,4 kg N/ha).

Excesul de azot, determinat prin diferența de azot extras de sfecla de zahăr și celelalte culturi, rămâne în sol pentru cultura următoare conform rotației. În *tabelul 2* prezentăm bilanțul azotului pentru diferite culturi din asolament pe matorul absolut, ținând cont de cantitatea de azot rămasă în sol de la cultura precedentă.

Tabelul 2. Bilanțul azotului pentru diferite culturi pe matorul absolut (fără fertilizare), ținând cont de cantitatea de azot rămasă în sol de la cultura precedentă, kg N/ha, media 1996-2009, CȘP "Selecția"

Indici	C u l t u r i					
	borceag de primăvară	grâu de toamnă	sfeclă de zahăr	porumb la boabe	orz de primăvară	floarea soarelui
N extras de cultură	92,5	122,6	152,5	123,7	59,9	95,8
N rămas în sol de la cultura precedentă	59,8	60,5	26,4	0	27,4	92,1
Bilanțul de N	-32,7	-62,1	-126,1	-123,7	-32,5	-3,7
Deficitul necompensat de N, %	35,3	50,6	82,7	100	54,2	3,9

Cel mai înalt deficit necompensat de azot pe matorul absolut rămâne pentru porumbul la boabe (100 %) și sfecla de zahăr (82,7 %). Datorită azotului rămas de la cultura precedentă, deficitul de azot se reduce pe jumătate pentru culturile cerealiere spicoase – grâu de toamnă și orz de primăvară (50,6-54,2 %).

Deficitul de azot scade până la 35,3 % pentru borceagul de primăvară și practic dispare pentru cultura florii soarelui (3,9 %).

Dar pericolul levigării nitraților pe profilul solului rămâne pe matorul absolut (nefertilizat). Acest pericol este major în perioada de iarnă-primăvară, atunci când cantitatea de precipitații este mai mare decât evapotranspirația (*fig. 1*).

La depășirea capacității de câmp în stratul de sol 0-200 cm, apa se mișcă în straturile mai adânci ale solului, transportând concomitent și nitrații dizolvați în ea. Conform analizelor și calculelor efectuate, capacitatea de câmp pentru cernoziomul tipic unde este amplasată experiența dată constituie pentru stratul 0-200 cm – 333,9 mm. În tabelele ce urmează prezentăm conținutul de azot în formă de nitrați și rezerva de apă primăvara în stratul de sol 0-200 cm. Concomitent, se indică pe fiecare cultură și an aparte depășirea rezervei de apă a capacității de câmp a solului și cantitatea de azot în formă de nitrați, care mai mult ca probabil va leviga în straturile mai adânci pe profilul solului.

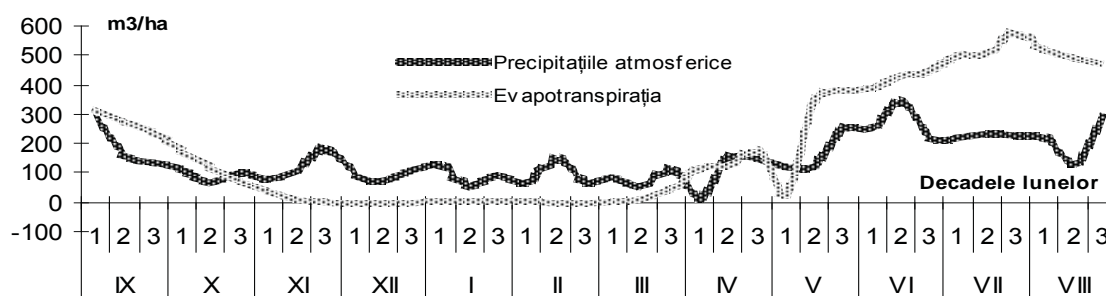


Fig.1. Evapotranspirația și precipitațiile atmosferice pe decade în medie pentru perioada 1982-2009

Tabelul 3. Cantitatea de azot (N-NO₃, kg/ha) supusă probabil levigării din stratul de sol 0-200cm sub diferite culturi în perioada anilor 1996-2009 pe martorul absolut (fond nefertilizat) în experiența de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament, CȘP “Selecția”

Culturi	Indicatori	A n i														Medie
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Borceag de prim.	N-NO ₃ , kg/ha		1034,9	161	211,7	11,6	0	22,1	169,6	20,3	44,0	37,6	203,3	-	23,9	143,6
	Apă productivă, mm	-	328	353	350	324	197	324	361	300	362	325	128	-	300	
	Depășirea cap.de câmp, mm			+19	+16	-	-	-	+27	-	+28	-	-	-	-	-
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha			8,7	9,7	-	-	-	12,7	-	3,4	-	-	-	-	2,5
Grâu de toamna	N-NO ₃ ,kg/ha	64,0	1337,9	408,4	24,2	9,2	24,7	14,9	147,8	36,4	0	247,2	67,6	111,4	61,0	182,5
	Apă productivă, mm	283	352	331	381	338	286	323	327	386	443	376	224	324	283	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	+18	-	+47	+4	-	-	-	+52	+109	+42	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	68,4	-	3,0					4,9	0	27,6	-	-	-	7,4
Sfâcla de zahar	N-NO ₃ ,kg/ha	51,0	1167,6	139,8	166,7	28,7	1,4	26,5	135,9	106,1	77,5	112,2	257,5	41,4	52,9	169
	Apă productivă,mm	338	331	324	361	290	242	296	302	247	402	335	100	309	250	
	Depășirea cap.de câmp, mm	+4	-	-	+27	-	-	-	-	-	+68	+1	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	0,6	-	-	12,5	-	-	-	-	-	13,1	0,33	-	-	-	1,9
Porumb la boabe	N-NO ₃ ,kg/ha	34,0	1978,0	103,2	202,8	23,2	0	23,3	151	12,8	29,3	160,6	230,1	-	-	210
	Apă productivă,mm	349	316	354	332	326	302	236	268	321	329	390	168	-	-	
	Depășirea cap.de câmp, mm	+15	-	+20	-	-	-	-	-	-	-	+56	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	1,5	-	5,8	-	-	-	-	-	-	-	23,1	-	-	-	2,2
Orz de primăv.	N-NO ₃ , kg/ha	32,2	409,9	19,5	21,2	0	43,4	186,8	190,2	338,1	76,6	68,3	50,7	58,2	42,1	109,8
	Apă productivă, mm	330	286	379	363	384	297	333	338	316	316	277	229	324	220	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	-	+45	+29	+50	-	-	+4	-	-	-	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	-	2,3	1,7	0				2,3	-	-	-	-	-	0,5
Floarea soarelui	N-NO ₃ , kg/ha	86,6	1468	163,2	200,8	25,8	6,7	36	26,2	121,3	20,9	112,7	154,8	88,9	33,1	182
	Apă productivă, mm	322	250	312	335	295	336	266	300	288	351	356	213	301	316	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	-	-	+1	-	+3,2	-	-	-	+17	+22	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	-	-	0,6	-	0,6	-	-	-	1,0	7,0	-	-	-	0,7

Cantitatea de azot în formă de nitrați ($N-NO_3$) levigată de profilul solului depinde de rezerva de apă, care depășește capacitatea de câmp a solului și concentrația nitraților în apa levigată. La rândul său, concentrația de azot în formă de nitrați a fost determinată reieșind din rezerva de apă în stratul de 0-200 cm și conținutul de azot în formă de nitrați pe tot profilul solului până la adâncimea de 2 metri. Astfel am determinat cât azot în formă de nitrați revine la 1 mm de apă. Corespunzător a fost determinat și conținutul de azot în formă de nitrați în excesul de apă, care depășește capacitatea de câmp a solului pentru diferite culturi și în diferiți ani.

Pe matorul absolut (fără fertilizare) depășirea capacității de câmp a solului pentru stratul 0-200 cm, se observă pentru diferite culturi în diferiți ani după cum urmează (tab. 3):

- pentru borceagul de primăvară – 1998; 1999; 2003 și 2005;
- pentru grâul de toamnă – 1997; 1999; 2004 și 2006;
- pentru sfecla de zahăr – 1996; 1999; 2005 și 2006;

- pentru porumb la boabe – 1996; 1998 și 2006;
- pentru orz de primăvară – 1998; 1999 și 2003;
- pentru floarea soarelui – 1999; 2001; 2005 și 2006.

Cantitatea medie de azot în formă de nitrați (și diapazonul fluctuației) pentru toată perioada vizată (1996-2009), levigată mai mult ca probabil împreună cu excesul de apă în straturile mai adânci ale solului, a constituit ($kg N-NO_3/ha$) pentru :

- borceag – 2,5 (1,0-15,9);
- grâu de toamnă – 7,4 (5,0-23,0);
- sfecla de zahăr – 1,9 (1,5-52,6);
- porumb la boabe – 2,2 (1,5-3,7);
- orz de primăvară – 0,5 (1,4-25,6);
- floarea soarelui – 0,7 (1,4-16,3).

Excesul de apă în sol față de capacitatea de câmp nu întotdeauna coincide cu cantitatea de precipitații căzute în perioada septembrie-aprilie, excepție constituind doar anii: 1996, 1997 și 1999 (tab. 4).

La aplicarea îngrășămintelor minerale, organo-minerale și organice bilanțul de azot în sol se ameliorează (tab.5).

Tablul 4. Precipitațiile atmosferice în perioada din septembrie până în aprilie pentru anii 1996-2009, mm Stațiunea Meteo a CȘP „Selecția”

Indici	A n i i													
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Precip. mm	441,3	479,9	256,8	424,2	281,6	264,8	290,4	236,8	212,2	246,7	252,5	107,2	335,6	330,0

Tablul 5. Bilanțul azotului pentru diferite culturi pe diferite fonduri de fertilizare în experiența de lungă durată cu studierea sistemelor de fertilizare în asolament, media pentru anii 1996-2009, kg N/ha

Indicatori	C u l t u r i						În medie pe asolament
	borceag de prim.	grâu de toamnă	sfeclă de zah.	porumb la boabe	orz de prim.	floarea soarelui	
a) Sistemul mineral							
N extras cu producția	106,4	156,0	190,7	143,6	79,1	109,8	130,9
N rămas de la cultura precedentă	59,8	60,5	26,4	0	27,4	92,1	44,4
Input de N cu îngrășămintă	0	90	60	90	0	60	50,0
±, kg N/ha	-46,6	-5,0	-104,3	-53,6	-51,7	+42,3	-36,5
Deficitul necompensat de N, %	43,8	3,2	54,7	37,3	65,4	+38,5	27,9
b) Sistemul organo-mineral							
N extras cu prod., kg/ha	122,4	157,5	217,5	144,3	91,0	114,5	141,2
N rămas de la cultura precedentă	59,8	60,5	26,4	0	27,4	92,1	44,4
Input de N cu îngrășămintă	0	90	360	90	0	210	125,0
±, kg N/ha	-62,6	-7,0	+168,9	-54,3	-63,6	+187,6	+28,2
Deficitul necompensat de N, %	51,1	4,4	+77,6	37,6	69,9	+163,8	+20,0
c) Sistemul organic							
N extras cu prod., kg/ha	118,5	154,9	209,5	147,5	82,9	115	138
N rămas de la cultura precedentă	59,8	60,5	26,4	0	27,4	92,1	44,4
Input de N cu îngrășămintă	0	0	300	0	0	150	75,0
±, kg N/ha	-58,7	-94,4	+116,9	-147,5	-55,5	+127,1	-18,7
Deficitul necompensat de N, %	49,5	60,9	+55,8	100	66,9	+110,5	13,5

Pe fondul aplicării îngrășămintelor minerale, cantitatea de azot extrasă cu producția depășește cantitatea de azot introdusă cu îngrășămintele minerale și excesul de azot de la cultura precedentă cu excepția culturii florii soarelui. Deficitul necompensat de azot este cel mai mic pentru cultura grâului de toamnă (3,2 %) și cel mai mare pentru orzul de primăvară și sfecla de zahăr (65,4 și 54,7%, corespondență). O poziție intermediară ocupă borceagul de primăvară și porumbul la boabe (43,8-37,3 %). În medie la 1 ha suprafață de asolament bilanțul de azot constituie -36,5 kg, iar deficitul necompensat de azot alcătuiește 27,9 %.

La aplicarea aceluiași doze de îngrășămintele minerale pe fondul a 15 tone gunoi de grajd, la 1 ha suprafață de asolament bilanțul de azot devine pozitiv pentru cultura sfeclei de zahăr și floarea soarelui, sub care se aplică nemijlocit gunoiul de grajd, rămânând practic la același nivel ca și în cazul precedent pe celelalte variante. În medie pentru întreaga rotație a asolamentului bilanțul azotului este pozitiv +28,2 kg N/ha, iar cantitatea de azot în sol depășește cea extrasă de culturi cu 20 %.

Aceiași tendință se observă și în cazul sistemului organic de fertilizare, dar în lipsa îngrășămintelor minerale deficitul de azot este mai mare sub celelalte culturi cu excepția sfeclei de zahăr și florii soarelui, unde nemijlocit se introduc îngrășămintele organice. Ca rezultat, bilanțul azotului la 1 ha de asolament este negativ (-18,7 kg/ha), iar deficitul necompensat de azot constituie 13,5 %.

În realitate, bilanțul azotului pe variantele fertilizate diferă de cele indicate în *tab.5*.

Tabelul 6. Coeficientul de folosire a azotului din îngrășămintele minerale pentru diferite culturi în experiența de lungă durată a CȘP "Selecția" cu diferite sisteme de fertilizare în asolament, media pentru 1996-2009

Indicatori	C u l t u r i			
	grâu de toamnă	sfeclă de zahăr	porumb la boabe	floarea soarelui
Extrasul de N pe martor absolut, kg/ha	123,1	144	130,0	100,3
Extrasul de N pe varianta fertilizată, kg/ha	155,8	177	133,4	101,8
Diferența în extrasul de N, kg/ha	32,7	33	3,4	1,5
N introdus cu îngrășămintele minerale, kg/ha	90	60	90	60
Coeficientul de folosire a N din îngrășămintele minerale, %	36,3	55,0	3,8	2,5

În baza datelor experimentale, obținute în perioada 1996-2009, a fost determinat coeficientul

de folosire a azotului din îngrășămintele minerale pe variantele cu sistemul mineral de fertilizare (*tab. 6*).

Sfecla de zahăr se deosebește prin cel mai înalt coeficient de folosire a azotului – 55,0 %, urmată apoi de grâul de toamnă – 36,3 %. Porumbul la boabe și floarea soarelui folosește azotul doar la 3,8-2,5 %.

Ținând cont de coeficientul de folosire a azotului din îngrășămintele minerale, deficitul de azot pentru culturile fertilizate cu îngrășămintele minerale va crește corespondență, dar concomitent va crește și cantitatea de azot nefolosită din îngrășămintele minerale. Aceste pierderi de azot se produc prin volatilizare în formă de oxizi de azot sau prin levigare în formă de nitrați.

Cantitatea de azot supusă probabil levigării în experiența de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament pe variantele cu sistemul de fertilizare mineral și organo-mineral este prezentată în *tab. 7* și *8*.

Asemănător martorului absolut (fond nefertilizat), pericolul levigării diferă pe ani în funcție de culturi. El rămâne la același nivel, în medie pentru perioada studiată, indiferent de fondul de fertilizare pentru borceagul de primăvară – 2,2-2,5 kg N/ha. Riscul levigării nitraților crește pe fond fertilizat, comparativ cu fondul nefertilizat, pentru grâul de toamnă de la 7,4 până la 9,7-10,7 kg N/ha, floarea soarelui de la 0,7 până la 1,8-10,6 kg N/ha și orzul de primăvară de la 0,5 până la 1,3-3,2 kg N/ha. Pentru sfecla de zahăr cantitatea de azot probabil levigată este la același nivel pe fond nefertilizat și fertilizat cu îngrășămintele minerale (1,7-1,9 kg N/ha), crescând pe fond fertilizat cu îngrășămintele organice până la 3,9 kg N/ha. Pentru porumb la boabe se atestă o situație diametral opusă – pericolul levigării nitraților este maximal pe fond nefertilizat (2,2 kg N/ha) și fertilizat cu îngrășămintele minerale (3,3 kg N/ha) reducându-se până la 0,6 kg N/ha pe fond cu fertilizare organică.

Astfel, putem menționa influența îngrășămintelor organice în reducerea pericolului levigării nitraților atât la cultura porumbului la boabe cât și, în deosebi, la cultura florii soarelui.

Este de subliniat faptul, că toate sistemele de fertilizare majorează conținutul de azot în stratul 0-200 cm comparativ cu martorul absolut (*tab. 3, 7, 8*), ceea ce contribuie, în anii când rezervele de apă în sol depășesc capacitatea de câmp a solului, la levigarea unei cantități mai mari de azot în apele subterane.

Din cele expuse anterior putem conchide că problema nitraților este acută atât pe fond nefertilizat cât și, în deosebi, pe fond fertilizat. Soluționarea cu succes a problemei depinde de managementul rațional al culturilor și solului, care include: rotația culturilor, lucrarea, irigarea și fertilizarea solului etc. Întocmai o astfel de abordare reiese din evaluarea experimentală a ponderii fertilității solului în formarea nivelului de producție pentru diferite culturi în asolament.

Tabelul 7. Cantitatea de azot (N-NO₃, kg/ha) supusă probabil levigării din stratul de sol 0-200 cm sub diferite culturi în perioada anilor 1996-2009 pe fond fertilizat cu îngrășăminte minerale în experiența de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament, CȘP “Selecția”

Culturi	Indicatori	A n i														Medie
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Borceag de prim.	N-NO ₃ , kg/ha	-	1088,2	186,1	237,5	16,9	0	123,8	194,2	36,8	54,5	140,07	19,7	-	30,7	152,0
	Apă productivă, mm	-	316	344	350	328	274	299	339	348	389	339	65	-	268	
	Depășirea cap. de câmp, mm		-	+10	+16	-	-	-	+5	+14	+55	+5	-		-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha			5,4	10,9				2,9	1,5	7,7	2,1				2,2
Grâu de toamna	N-NO ₃ , kg/ha	41,1	1424,7	274,5	100,6	18	81,2	289,2	170,3	143,9	10,5	423	122,1	152,1	135,5	242
	Apă productivă, mm	373	359	336	373	354	291	308	340	390	440	335	214	348	307	
	Depășirea cap. de câmp, mm	+39	+25	+2	+39	+20	-	-	+6	+56	+106	+1	-	+14	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	4,3	99,2	1,6	10,5	1,0	-	-	3,0	20,7	2,5	1,3	-	6,1	-	10,7
Sfecla de zahar	N-NO ₃ , kg/ha	96,1	2017,0	167,5	179,2	47,4	6,1	105,3	148,7	145,9	144,4	132,9	1406,7	158,9	176,5	352,3
	Apă productivă, mm	316	330	330	353	304	300	287	293	254	372	326	193	242	260	
	Depășirea cap. de câmp, mm	-	-	-	+19	-	-	-	-	-	+38	-	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	-	-	9,6	-	-	-	-	-	14,7	-	-	-	-	1,7
Porumb la boabe	N-NO ₃ , kg/ha	55,7	1801,6	131,3	335,7	32,7	3,7	72,6	265,9	39,3	59,8	184,6	411	-	-	242
	Apă productivă, mm	346	284	350	343	330	285	275	246	318	350	383	190	-	-	
	Depășirea cap. de câmp, mm	+12	-	+16	+13	-	-	-	-	-	+16	+49	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	1,9		6,0	12,6	-	-	-	-	-	2,7	23,6	-	-	-	3,3
Orz de primăvară	N-NO ₃ , kg/ha	38,1	1229,5	22,9	24,9	1,1	13,3	324,2	167,5	246,4	106,4	71,2	23,6	65,0	43,4	169,8
	Apă productivă, mm	296	295	353	357	361	294	333	356	297	325	362	200	307	275	
	Depășirea cap. de câmp, mm	-	-	+19	+23	+27	-	-	+22	-	-	+28	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha		-	1,2	1,6	0,1			10,3			5,5				1,3
Floarea soarelui	N-NO ₃ , kg/ha	98,9	2326,7	164,7	560,8	42,0	6,1	79,1	25,3	190,6	35,8	221	268	135,2	123,1	305,5
	Apă productivă, mm	319	350	319	340	324	347	291	285	314	351	361	215	342	274	
	Depășirea cap. de câmp, mm	-	+16	-	+6	-	+13	-	-	-	+17	+27	-	+8	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	116,6	-	9,9	-	0,2	-	-	-	1,7	16,5	-	3,2	-	10,6

Pe fond nefertilizat, tot azotul extras cu producția diferitor culturi este rezultatul proceselor de descompunere a substanței organice a solului, adică 100 % din necesitățile culturilor sunt îndeplinite din contul fertilității solului (*tab. 9*).

La utilizarea îngrășămintelor, o parte din producția obținută la diferite culturi este formată din

contul îngrășămintelor aplicate, iar o altă parte din contul fertilității solului. În întregime pe asolament, ponderea fertilității solului în formarea nivelului de producție este mai înaltă la aplicarea doar a îngrășămintelor minerale – 82,3 % cu tendința de scădere la aplicarea îngrășămintelor organice – 78,1% și organo-minerale – 76,3 % (*tab. 9*).

Tabelul 8. Cantitatea de azot (N-NO₃, kg/ha) supusă probabil levigării din stratul de sol 0-200cm sub diferite culturi în perioada anilor 1996-2009 pe fond fertilizat cu îngrășăminte organo-minerale în experiența de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament, CȘP “Selecția”

Culturi	Indicatori	A n i i														Medie
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Borceag de prim.	N-NO ₃ , kg/ha	-	1419,3	197,7	211,5	24	3,1	177,7	268,7	66,8	42,6	83,6	50,3	-	40,1	184,7
	Apă productivă, mm	348	335	347	319	320	259	291	355	225	342	338,9	96,7	-	277	
	Depășirea cap.de câmp, mm	+14	+1	+13	-	-	-	-	+21	-	+8	+4,3	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	4,2	7,4					15,9	-	1,0	2,5				
Grâu de toamnă	N-NO ₃ ,kg/ha	129,8	1830,5	212	28,4	18,1	52,7	202,8	228,8	120,2	1,8	521,7	170,8	100,9	146,4	269
	Apă productivă, mm	374	352	331	357	320	302	291	324	220	339	352	216	326	292	
	Depășirea cap.de câmp, mm	+40	+18	-	+23	-	-	-	-	-	+5	+18	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	13,9	93,6		1,8						0,03	26,7	-	-	-	
Sfeclă de zahar	N-NO ₃ ,kg/ha	196,8	2227	295,2	383,4	87,4	35,2	78,3	198,9	253,6	416,8	268,6	2054,4	84,5	-	463
	Apă productivă,mm	308	330	325	331	263	276	314	299	222	362	336	189	308	-	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+28	+2	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha										+28	52,6	1,5			
Porumb la boabe	N-NO ₃ ,kg/ha	135,9	2451,3	116,9	518,6	56,9	55,3	36,9	105,6	163,4	58,7	173	249	-	-	294
	Apă productivă,mm	316	296	345	336	285	302	255	232	307	305	337	139	-	-	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	-	+11	+2	-	-	-	-	-	-	+3	-	-	-	
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha			3,7	3,1							1,5				
Orz de primăv.	N-NO ₃ , kg/ha	64,8	876,8	28,3	22,7	21,0	42	500,1	204,3	379,1	182,8	142,7	-	58,1	74,7	185
	Apă productivă, mm	310	246	357	356	360	320	352	360	317	285	318	-	317	261	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	-	+23	+22	+26	-	+18	+26	-	-	-	-	-	-	-
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	-	1,8	1,4	1,5	-	-	25,6	14,7	-	-	-	-	-	-
Floarea soarelui	N-NO ₃ , kg/ha	198,3	1827,7	191	411,9	57,4	10,6	59,9	39,2	232,2	42,4	187,1	194,7	190	217,6	276
	Apă productivă, mm	317	337	320	331	312	297	242	309	216	345	322	187	349	241	
	Depășirea cap.de câmp, mm	-	+3	-	-	-	-	-	-	-	+11	-	-	+15	-	-
	N-NO ₃ cu apa levigată, kg/ha	-	16,3	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	8,2	-	-

Tabelul 9. Ponderea azotului solului în formarea nivelului de producție pe diferite sisteme de fertilizare în asolament de lungă durată a ICCS “Selecția”, media pentru anii 1996 – 2009; kg N/ha și %

Indicatori	C u l t u r i						În medie pe asolament
	borceag de prim.	grâu de toamnă	sfeclă de zah.	porumb la boabe	orz de prim.	floarea soarelui	
Martor absolut (fără fertilizare)							
N extras cu prod., kg/ha	92,5	122,6	152,5	123,7	59,9	95,8	107,8
Ponderea N sol. în prod., %	100	100	100	100	100	100	100
Sistemul mineral							
N extras cu prod., kg/ha	106,4	156,0	190,7	143,6	79,1	109,8	130,9
N extras cu sporul de prod., kg/ha	+13,9	+33,4	+38,2	+19,9	+19,2	+14	+23,1
Ponderea N sol. în prod., %	86,9	78,6	80,0	86,1	75,7	87,2	82,3
Sistemul organo-mineral							
N extras cu prod., kg/ha	122,4	157,5	217,5	144,3	91,0	114,5	141,2
N extras cu sporul de prod., kg/ha	+29,9	+34,9	+65,0	+20,6	+31,1	+18,7	+33,4
Ponderea fertilității sol., %	75,6	77,8	70,1	85,7	65,8	83,7	76,3
Sistemul organic							
N extras cu prod., kg/ha	118,5	154,9	209,5	147,5	82,9	115	138
N extras cu sporul de prod., kg/ha	+26	+32,3	+57	+23,8	+23	+19,2	+30,2
Ponderea fertilității sol., %	78,0	79,1	72,8	83,9	72,2	83,3	78,1

Cu alte cuvinte, îngrășămintele minerale secătuesc într-o măsură mai mare fertilitatea solului comparativ cu îngrășămintele organice și organo-minerale. În aspect agronomic, aceasta înseamnă că eficacitatea îngrășămintelor organice și organo-minerale este mai înaltă comparativ cu îngrășămintele minerale.

Reacția culturilor diferă în funcție de sistemul de fertilizare a solului. Mai eficient folosesc îngrășămintele minerale, organo-minerale și organice grâul de toamnă și sfecla de zahăr. Mai slab reacționează la fertilizare porumbul la boabe și floarea soarelui. Borceagul de primăvară și orzul de primăvară folosesc foarte eficient postacțiunea fertilizanților utilizați sub culturile precedente în asolament.

Concluzii

1. Capacitatea potențială de mineralizare anuală a azotului din sol a fost determinată după cantitatea de azot extrasă de sfecla de zahăr pe martorul absolut.

2. Bilanțul azotului în sol urmează a fi corectat pentru fiecare cultură ținând cont de diferența în capacitatea potențială de mineralizare a azotului din sol și cantitatea de azot folosită de cultura cultivată cu durata respectivă. Cu cât perioada de vegetație a culturii este mai scurtă (sau termenul de recoltare mai devreme), cu atât cantitatea de azot mineralizată și nefolosită de plante este mai mare.

3. Pericolul levigării nitraților sau pierderii azotului prin volatilizare este cauzat de lipsa sincronizării dintre cantitatea de azot prezentă în sol în urma mineralizării substanței organice a solului și necesitățile culturilor în el. Probabilitatea levigării nitraților este sporită pe martorul absolut în lipsa îngrășămintelor aplicate în perioada de iarnă-primăvară, când evapotranspirația este redusă comparativ cu cantitatea de apă din precipitații. Levigarea nitraților are loc în anii, când rezervele de apă în sol primăvara depășesc capacitatea de câmp a solului în apă. Cantitatea de azot în formă de nitrați supusă probabil levigării pe martorul absolut (fără fertilizare) diferă pe ani în funcție de culturi și variază în medie pentru anii 1996-2009 de la 0,5 până la 7,4 kg N-NO₃/ha.

4. Aplicarea îngrășămintelor minerale, organice și organo-minerale majorează pericolul levigării nitraților în straturile inferioare pe profilul solului, deoarece sporește conținutul de azot în formă de nitrați în stratul de sol 0-200 cm. Cantitatea de azot în formă de nitrați supusă probabil levigării pe fond fertilizat cu îngrășămintele minerale și organo-minerale în medie pentru anii 1996-2009 a constituit pentru diferite culturi de la 0,6 până la 10,7 kg N-NO₃/ha.

5. Coeficientul de folosire a azotului din îngrășămintele minerale a constituit în medie pe 14 ani pentru:

- grâul de toamnă – 36,3 %;
- sfecla de zahăr – 55,0 %;
- porumb la boabe – 3,8 %;
- floarea soarelui – 2,5 %.

6. Ponderele fertilității solului în formarea nivelului de producție în medie pe asolament constituie 76,3-82,3 %, ceea ce confirmă importanța complexului de măsuri în vederea menținerii fertilității solului în condițiile agriculturii moderne.

7. Pierderile economice în urma eficacității reduse de utilizare a azotului din îngrășămintele minerale, de rând cu consecințele ecologice negative în urma levigării nitraților sau volatilizării azotului în formă de oxizi de azot (cu influență asupra încălzirii globale), urgentează necesitatea găsirii unor căi alternative de management al culturilor și solului în agricultura modernă.

Autorii prezentei publicații exprimă mulțumiri tuturor colaboratorilor, laboranților, care au contribuit la efectuarea cercetărilor în experiențele de lungă durată privind studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament.

Bibliografie

1. Andrieș S. V. Optimizarea regimurilor nutritive ale solurilor și productivitatea plantelor de cultură. Pontos, 2007, Chișinău, 374 p.
2. Claude Aubert. Organic Farming and climate change. Can organic farming mitigate the impact of agriculture on global warming? // The materials of the First International Conference „Innovations transfer in agriculture activities in the context of climate change and sustainable development” Chișinău, 11-12 November, 2009, pp. 296-306.
3. Gliessman S. R. Agroecology. Ecological processes in Sustainable Agriculture. Editor: Eric Ehgles, Lewis Publishers, Boca Raton, 2000, 357 p.
4. Goulaing K.W.T., Poulton P.R., Webster C.P., Howe M.T. Nitrate leaching from the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertilizer and manure inputs and the weather // Soil use and management, 2000, 16, pp.224-250.
5. Handbook of energy utilization in agriculture. Editor David Pimentel. Cornell University, 1980, CRC Press, Boca Raton, Florida.
6. Lal R. Managing World Soils for food security and environmental quality. // Advances in Agronomy, Vol. 74, 2001, pp. 155-186.
7. Mulkanev R.L., Khan S.A. Ellsworth T.R. The browing of the Green Revolution. Journal of Environment Quality 38, pp. 2295-2314.
8. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство. Кишинёв, Штиинца, 1990, 431 с.
9. Загорча К. А. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах, Кишинёв, Штиинца, 1990, 288 с.
10. Наконечная З. И. Агроэкологическое обоснование системы удобрения в зерно-свекловичных севооборотах Молдавии, Кишинэу, Штиинца, 1988, 373 с.