

MODIFICAREA PRINCIPALELOR PROPRIETĂȚI AGROCHIMICE ALE SOLULUI, CA URMARE A APLICĂRII DE LUNGĂ DURATĂ A ÎNGRĂȘĂMINTELOR CHIMICE CU AZOT ȘI FOSFOR

MODIFICATION OF MAIN SOIL AGROCHEMICAL PROPERTIES FOLLOWING NITROGEN AND PHOSPHORUS LONG-TERM FERTILIZATION

MARIA NEGRILĂ¹, EMILIAN NEGRILĂ¹,
JENI MĂDĂLINA COJOCARU¹

Abstract

The paper is showing data obtained in the long term experiment with nitrogen and phosphorus during 1979-2015, at ARDS Teleorman, under non-irrigation circumstances, in a 5 years rotation: peas-wheat-sunflower-maize-wheat. In the area of ARDS Teleorman, the average of air temperature is 10.8°C and the one of rainfall is 539.6 mm, non-uniformly distributed during the year, on a chernozem soil with a good fertility. The results were obtained on winter wheat sown after maize. Under nitrogen and phosphorus long term fertilization, with 120 kg N/ha and 80 kg P₂O₅/ha, the main soil chemical values were improved: humus content with 0.54%, mobile phosphorus with 109 ppmP, pH over 5.8, V% with values over 75%, the account of changeable basis with values over 24%, these indices do not entail the soil liming. The absence of phosphorus fertilizers during all 37 years leads to the reduction of soil phosphorus content with 0.2972-0.3243 ppmP/year.

Cuvinte cheie: fertilizare de lungă durată, chimismul solului, azot, fosfor.
Keywords: long-term fertilization, soil chemistry, nitrogen, phosphorus.

INTRODUCERE

Folosirea îngrășămintelor chimice, în special a celor cu azot și fosfor, a fost și este o practică generală la nivel global pentru creșterea producției agricole, care să asigure hrana unei populații în continuă creștere. Creșterea cantității de azot la 102 kg N/ha, la nivel mondial, a favorizat apariția unor procese negative în aer, sol, apa freatică (M u l v a n e y și colab., 2009), de aceea Uniunea Europeană a emis directive obligatorii țărilor membre, menite să reducă efectele negative ale poluării cu azot. În acest context, L u și T i a n

¹ S.C.D.A. Teleorman. E-mail: experienta2016@gmail.com

(2017) consideră că odată cu creșterea suprafețelor cu culturi agricole va crește și consumul de îngrășăminte chimice, îndeosebi în Asia de Est. Pornind de la faptul că 3/4 din îngrășămintele cu azot se pot pierde înainte de a fi folosite de plante, se caută soluții pentru creșterea procentului de utilizare prin eliberarea treptată a substanței active. În acest sens, G a m m o n (2017) a prezentat soluția atașării moleculei de uree la nanoparticulele de hidroxiapatită.

Folosirea pe scară largă a îngrășămintelor cu fosfor, ca element nutritiv indispensabil plantelor, impune aplicarea de măsuri pentru creșterea coeficientului de utilizare, mai ales că, la nivel mondial, resursele de roci fosfatice se reduc și nu sunt soluții pentru producerea lor sintetică. S c h n u g și H a n e k l a u s (2016) abordează eficiența utilizării îngrășămintelor cu fosfor prin analiza factorilor care o guvernează, precizând că, în zona temperată, aplicarea constantă a acestor îngrășăminte asigură un nivel rezidual de fosfor necesar plantelor, unde este cazul aplicându-se numai cantitățile de fosfor mobilizate cu recoltele. R o u a c h e d (2016) prezintă necesitatea reducerii cantităților de îngrășăminte cu fosfor, dezvoltarea studiilor privind utilizarea de către plante a rocilor fosfatice și anunță chiar descoperirea unor gene care reglează mecanismele transformării fosforului în plante, în condiții normale de dezvoltare. În același timp, lipsa îngrășămintelor cu fosfor conduce la reducerea treptată a fosforului solubil din sol (B o r l a n și H e r a, 1984; F i o r e l l i n o și colab., 2017).

MATERIAL ȘI METODE

În contextul stabilirii celor mai favorabile formule de fertilizare cu azot și fosfor, care să fie cât mai eficient utilizate de către plante și să afecteze cât mai puțin mediul, se prezintă efectul fertilizării cu azot și fosfor, în perioada 1979-2015, asupra principalilor indicatori chimici din stratul arat al cernoziomului cambic - subtipul vertic, de la S.C.D.A. Teleorman. Rezultatele sunt obținute în experiența de lungă durată cu azot și fosfor, în regim neirigat, într-un asolament de 5 ani: mazăre – grâu-floarea-soarelui – porumb – grâu, după recoltarea culturii de grâu semănat după porumb.

Cernoziomul de la S.C.D.A. Teleorman are o fertilitate bună: humus – peste 3%, fosfor mobil – 40-50 ppmP, potasiu mobil – 280-300 ppmK, SB – 23-24%, V – 78-80%, pH – 5,9-6,2, dar se caracterizează printr-o textură argilo-lutoasă, conținutul de argilă fiind în stratul arat de 45%.

S.C.D.A. Teleorman se află într-o zonă cu climat temperat-continental, anul 2015 (octombrie 2014 – iulie 2015), caracterizându-se prin creșterea temperaturii medii a aerului cu 1,6°C și a cantității de precipitații cu 83,3 mm, comparativ cu media multianuală (figura 1).

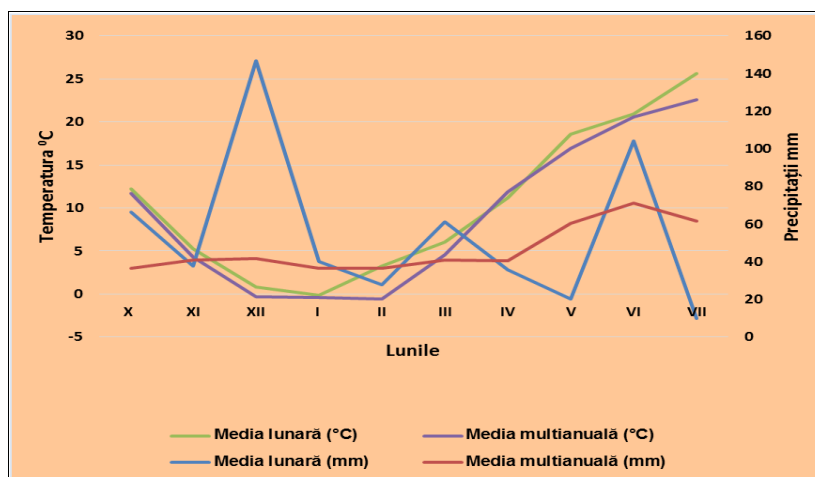


Figura 1 – Temperatura aerului (°C) și precipitațiile (mm)
[Air temperature (°C) and rainfall (mm)]
S.C.D.A. Teleorman, 2015

Analizele chimice ale solului au fost efectuate la I.N.C.D.P.A.P.M. (I.C.P.A.) București, interpretarea rezultatelor s-a realizat prin analiza varianței și a corelațiilor dintre fertilizanți și indicatorii chimici studiați.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

1. Conținutul de humus din sol

Îngrășămintele chimice cu azot și fosfor pot produce modificări ale conținutului de humus din sol, atunci când se aplică în cantități necesare consumului plantelor de cultură și la reducerea degradării oxidative a humusului, concomitent cu creșterea aportului de substanțe organice formate prin fotosinteză sub forma resturilor organice vegetale, în condițiile aplicării unei tehnologii cu mobilizarea superficială a solului.

În anul 2015, în lipsa îngrășămintelor chimice cu azot și fosfor, conținutul de humus a fost de 3,72%. Aplicarea constantă numai a unor cantități de 40-80 kg N/ha la cultura de grâu a condus la o ușoară regresie a conținutului de humus (0,34-0,30%), datorită exportului de azot cu producția și acumularea unei cantități mai mici de azot în resturile vegetale care să conducă la sinteza humusului, realizându-se o echilibrare a acestui proces prin aplicarea cantității de azot de 120-160 kg/ha, raportul de corelație fiind nesemnificativ (figura 2).

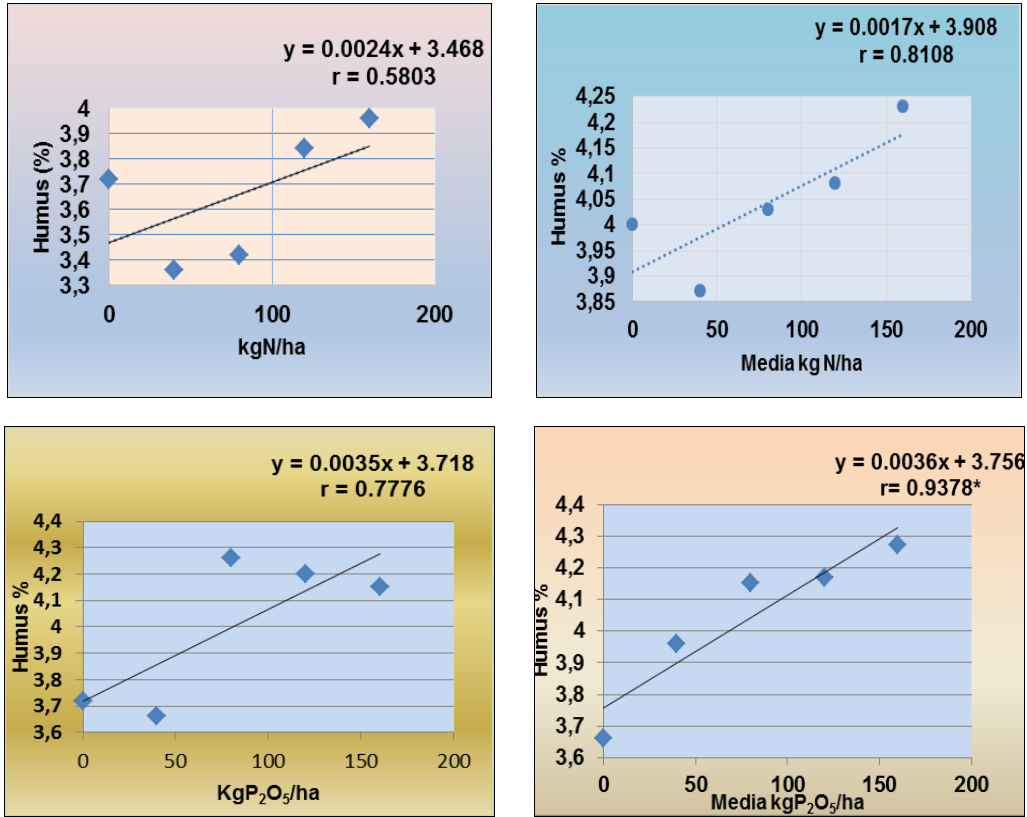


Figura 2 – Conținutul de humus, în funcție de aplicarea de lungă durată a îngrășămintelor cu azot și fosfor (Humus content depending on long term nitrogen and phosphorus fertilization) S.C.D.A. Teleorman, 2015

Procesul de sinteză al humusului în stratul arat al solului s-a îmbunătățit în condițiile aplicării îngrășămintelor chimice cu azot pe agrofond de fosfor, fosforul având o contribuție importantă la menținerea și chiar creșterea conținutului de humus, când este aplicat în cantitate de peste 80 kg P₂O₅/ha, raporturile de corelație dintre humus x fertilizanti având valori de 0,9378*.

Comparativ cu anul 1979, în anul 2015 se constată o reducere a conținutului de humus cu 0,0009-0,0019% pe an, atunci când sunt aplicate numai 40-80 kg N/ha, și o îmbunătățire a acestui conținut prin creșterea cantității de azot, mai ales în prezența îngrășămintelor cu fosfor, aplicate în cantitate de peste 80 kg P₂O₅/ha (tabelul 1).

Tabelul 1

**Evoluția conținutului de humus (%) din stratul arat al solului în funcție de fertilizarea
de lungă durată cu azot și fosfor. S.C.D.A. Teleorman, 2015**

[The humus content evolution (%) depending on long term nitrogen and phosphorus fertilization]

Varianta de fertilizare	1979	2015	Diferența 2015-1979	Humus/an (%)
N ₀ P ₀	3,75	3,72	- 0,03	- 0,0009
N ₄₀ P ₀	3,63	3,56	- 0,07	- 0,0019
N ₈₀ P ₀	3,46	3,42	- 0,04	- 0,0011
N ₁₂₀ P ₀	3,70	3,84	+ 0,14	+ 0,0038
N ₈₀ P ₈₀	3,75	4,00	+ 0,25	+ 0,0068
N ₁₂₀ P ₈₀	3,66	4,20	+ 0,54	+ 0,0146
N ₁₆₀ P ₁₆₀	3,79	4,32	+ 0,53	+ 0,0144

Reiese că, după 37 ani, aplicarea anuală a unor cantități de peste 80 kg N/ha pe un agrofond de 80 kg P₂O₅/ha poate asigura o compensare a proceselor de degradare cu cele de acumulare și stabilitate a materiei organice din sol, prezența argilei în proporție de peste 45% în stratul arat al cernoziomului de la S.C.D.A. Teleorman contribuind la conservarea humusului, prin reducerea mineralizării materiei organice.

O activitate echilibrată de mineralizare - sinteză a humusului este demonstrată și de raportul carbon : azot (C:N), care a fost de 13,5-13,1 (tabelul 2).

Tabelul 2

**Raportul C:N și carbonul solubil din fracțiile humice sub influența fertilizării de lungă
durată cu azot și fosfor. S.C.D.A. Teleorman, 2002**

(The ratio C:N and soluble carbon of humic fraction under nitrogen and phosphorus long term fertilization)

Specificare	N ₀ P ₀	N ₄₀ P ₀	N ₈₀ P ₀	N ₁₂₀ P ₀	N ₈₀ P ₈₀	N ₁₂₀ P ₈₀	N ₁₆₀ P ₁₆₀
Raport C:N	13,5	13,5	13,2	13,1	13,4	13,2	13,1
C _{AH} /C _{AF}	2,69	2,67	2,63	2,62	2,67	2,63	2,60

În prezența numai a îngrășămintelor cu azot, calitatea humusului se reduce prin creșterea ponderii carbonului din acizii fulvici în defavoarea carbonului din acizii huminici și ca efect al acidifierii solului, prezența îngrășămintelor cu fosfor atenuând acest proces. Valorile raportului C_{AH}/C_{AF}, de peste 2,60, demonstrează o calitate bună a humusului.

2. Reacția solului, gradul de saturație în baze, suma bazelor schimbabile în stratul arat al solului

Concentrația ionilor de hidrogen este influențată, în principal, de gradul de saturație în baze al complexului argilo-humic, de condițiile climatice și tehnologice. În anul 2015, pH-ul solului a avut valori cuprinse între 5,63 și 5,96, fiind influențat negativ de îngrășămintele cu azot, reducere proporțională cu mărirea cantității aplicate (r = -99469**).

Îngrășămintele cu fosfor au atenuat reducerea pH-ului, iar aplicarea celor două elemente nutritive în cantități de peste 80 kg N/ha și 80 kg P₂O₅/ha (la grâu), pe un sol cu fertilitate bună, constituie o soluție tehnologică benefică pentru menținerea pH-ului solului la valori mai mari de 5,8, limita maximă a pH-ului pentru amendarea solului, alături de aluminiu și mangan schimbabil, care nu au fost prezente la S.C.D.A. Teleorman (tabelul 3).

Gradul de saturație în baze (V%) se poate reduce în timp și în cursul unei perioade de vegetație, prin exportul cu recolta și prin percolare pe profilul de sol, proces de debazificare amplificat de nitrificarea amoniului. Gradul de saturație în baze a avut valori de 73,43-81,09%, fiind redus cu 6,26% prin aplicarea cantității de 160 kg N/ha și cu numai 3,18%, când aceeași cantitate de azot s-a aplicat pe un fond de 160 kg P₂O₅/ha ($r = -0,90351^*$), fosforul influențând favorabil acumularea bazelor în stratul arat al solului ($r = 0,949437^*$). După 37 ani de aplicare echilibrată a îngrășămintelor cu azot și fosfor pe cernoziomul de la S.C.D.A. Teleorman, gradul de saturație în baze se menține la valori de peste 75%, o contribuție pozitivă având și conținutul ridicat de argilă, care a redus pierderea bazelor pe profilul de sol.

Tabelul 3

Influența fertilizării de lungă durată cu azot și fosfor asupra reacției (pH), gradului de saturație cu baze (V) și a sumei bazelor de schimb (SB) ale solului. S.C.D.A. Teleorman, 2015

[Influence of nitrogen and phosphorus long term fertilization on soil reaction (pH), saturation degree (V) and soil changeable basis (SB)]

P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	pH		V, %		SB, %	
		2015	Diferența	2015	Diferența	2015	Diferența
0	0	5,90	mt.	79,69	mt.	23,56	mt.
	40	5,85	- 0,05 ns	78,75	- 0,93 ns	23,59	- 0,03 ns
	80	5,75	- 0,15 ns	79,41	- 0,28 ns	22,84	- 0,72 ns
	160	5,63	- 0,27 s	73,43	- 6,26 ns	23,33	- 1,23 ns
80	0	5,96	+ 0,06 ns	80,79	+ 1,10 ns	24,70	+ 1,14 ns
	40	5,92	+ 0,02 ns	79,24	- 0,45 ns	24,59	+ 1,03 ns
	80	5,84	- 0,06 ns	78,60	- 1,09 ns	24,59	+ 1,03 ns
	160	5,79	- 0,11 ns	76,08	- 3,61 ns	23,74	+ 0,18 ns
160	0	5,95	+ 0,05 ns	81,09	+ 1,40 ns	25,41	+ 1,85 ns
	40	5,92	+ 0,02 ns	80,99	+ 1,30 ns	25,48	+ 1,92 ns
	80	5,83	- 0,07 ns	78,82	- 0,87 ns	25,38	+ 1,82 ns
	160	5,79	- 0,11 ns	77,51	- 3,18 ns	24,42	+ 0,86 ns
DL 5%		0,19%		14,05%		2,07%	

Ca urmare a acestor procese, suma bazelor de schimb s-a îmbunătățit în condiții de fertilizare echilibrată cu azot și fosfor, având valoarea de 24,59%, comparativ cu 23,56% realizată în lipsa îngrășămintelor timp de 37 ani, valori care indică un conținut favorabil pentru menținerea unui pH al solului în limita 5,8-6,0.

3. Conținutul solului în fosfor mobil

Ca element esențial în definirea fertilității solului, fosfații mobili din sol influențează procesul de fotosinteză al plantelor, iar asigurarea unui conținut optim de fosfați mobili în sol amplifică și eficientizează aplicarea celorlalte elemente nutritive din sol, în special cele cu azot și fosfor. Fosforul, sub formă de fosfați mobili, este supus atât proceselor de acumulare, cât și celor de reducere din sol, în funcție de rezerva solului, materia organică, exportul cu recolta, condițiile climatice, reacția solului. Din cauze obiective, legate de epuizarea materiilor prime necesare producerii îngrășămintelor fosfatice, de conținutul acestora în metale grele și elemente radioactive cu potențial ridicat de poluare a apelor freactice, apare necesitatea aplicării îngrășămintelor fosfatice numai în cantități care să acopere fosforul mobilizat cu formarea producției și menținerea unei fertilități fosfatice optime.

La S.C.D.A. Teleorman, aplicarea anuală a îngrășămintelor cu fosfor a condus la acumularea treptată a fosfaților mobili, proporțional cu cantitatea de îngrășământ aplicată.

Dacă în anul 1979 cantitatea de fosfați mobili era de 33-48 ppmP, în anul 2015, acest conținut a ajuns la 93-206 ppmP, cu o rată specifică de acumulare de 0,0398-0,0261 ppmP/1 kg P₂O₅/an (tabelul 4). Exportul mai mare cu recoltele în condițiile aplicării unor cantități mai mari de îngrășămintele cu fosfor a condus la reducerea ratei specifice de acumulare a fosfaților mobili.

Tabelul 4

**Conținutul de fosfați mobili (ppmP) în funcție de aplicarea de lungă durată a îngrășămintelor
cu azot și fosfor. S.C.D.A. Teleorman, 1979-2015**

[Mobile phosphorus content (ppmP) depending on nitrogen and phosphorus long term fertilization]

P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	1978-1979	2015	Diferența	ppmP/an	Rata specifică (ppmP/1 kg P ₂ O ₅ /an)
40 1480	0	34	93	59	1,5945	0,0398
	80	33	92	59	1,5945	0,0398
	120	33	89	56	1,5135	0,0378
80 2960	0	33	148	115	3,1081	0,0388
	80	34	140	106	2,8648	0,0358
	120	34	143	109	2,9459	0,0368
120 4440	0	47	215	168	4,5405	0,0378
	80	38	195	157	4,2432	0,0353
	120	38	191	153	4,1351	0,0344
160 5960	0	45	206	161	4,3513	0,0271
	80	53	203	150	4,0540	0,0253
	120	44	206	162	4,3783	0,0273
	160	47	202	155	4,1891	0,0261

Cea mai mare acumulare de fosfați mobili s-a realizat prin aplicarea a 120 kg P₂O₅/ha, adică 4,5405 ppmP/an, iar în condițiile aplicării formulei de fertilizare cu 120 kg P₂O₅/ha și 120 kg N/ha s-au acumulat în sol 4,1351 ppmP/an. Creșterea conținutului solului în fosfor mobil s-a datorat, în principal, îngrășămintelor cu fosfor, raportul de corelație fiind de 0,9585* prin aplicarea unilaterală a îngrășămintelor fosfatice și de 0,981** pe agrofondurile de azot, în timp ce îngrășămintele cu azot au determinat o regresie a conținutului de fosfor mobil din cauza influenței azotului asupra creșterii producției și extragerii din sol a unor cantități mai mari de fosfați ($r = 0,9733^{**}$) (figura 3).

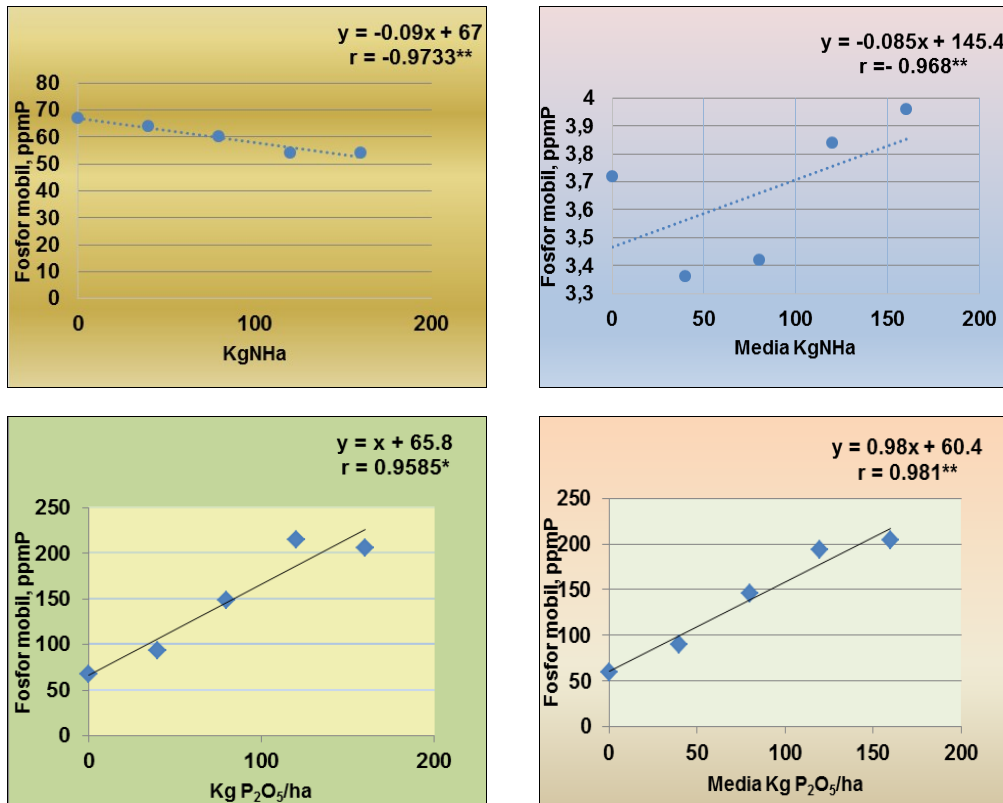


Figura 3 – Conținutul de fosfor mobil în funcție de fertilizarea de lungă durată cu azot și fosfor
[Mobile phosphorus content (ppm P) depending on nitrogen and phosphorus long term fertilization]
S.C.D.A. Teleorman, 2015

În funcție de conținutul solului în fosfați mobili, de rata specifică de creștere a conținutului și de cantitatea de îngrășământ fosfatic aplicată, se poate evalua conținutul solului în fosfați mobili pentru următoarea perioadă: $PAL_t = PAL_i + \Delta PAL \times \Sigma P_i$.

În funcție de conținutul de 140 ppmP obținut cu 80 kg P₂O₅/ha și 80 kg N/ha în 2015, cu o rată specifică de acumulare a fosfaților mobili de 0,0358 ppmP/1 kg P₂O₅/an, se poate estima că, în anul 2025, conținutul de fosfați mobili din stratul arat al cernoziomului de la S.C.D.A. Teleorman va ajunge la 168 ppmP, iar în anul 2035, la 197 ppmP.

În timp ce fertilizarea cu îngrășăminte fosfatice aduce beneficii asupra plantelor și solului, absența acestora conduce la reducerea treptată a fosforului mobil, până la o valoare relativ stabilă, care pentru solul de la S.C.D.A. Teleorman este de 20-22 ppmP (tabelul 5).

Tabelul 5

**Scăderea conținutului de fosfor mobil (ppmP) în lipsa îngrășămintelor chimice cu fosfor.
S.C.D.A. Teleorman, 1979-2015**

[Reduction of mobile phosphorus content (ppmP) in the phosphorus fertilizers absence]

P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	1979	2015	Diferența	ppm P/an
0	0	33	22	- 11	- 0,2972
	40	33	22	- 11	- 0,2972
	80	33	21	- 12	- 0,3243
	120	32	21	- 11	- 0,2972
	160	32	20	- 12	- 0,3243

În perioada analizată, reducerea fosfaților mobili a fost de 11-12 ppmP, cu o rată de 0,2972 ppmP/an, în lipsa îngrășămintelor cu fosfor și azot și cu o rată de 0,2972-0,3243 ppmP/an, pe măsură ce crește cantitatea de azot aplicată.

CONCLUZII

1. Îngrășămintele chimice cu azot și fosfor, aplicate constant timp de 37 ani, constituie o tehnică agricolă necesară pentru asigurarea consumului de elemente nutritive esențiale pentru culturile agricole și a fertilității solului, condiție pentru creșterea stabilității sistemelor agricole.

2. Îngrășămintele cu azot și fosfor aplicate la grâu, în cantitate de 120 kg N/ha și 80 kg P₂O₅/ha, echilibrează consumul cu producția și sinteza materiei organice, asigurând o stabilitate de durată a cantității humusului la peste 3%, a calității humusului (C_{AH}/C_{AF} mai mare decât 2,60).

3. Aplicarea de lungă durată a cantităților de 120 kg N/ha și 80 kg P₂O₅/ha a condus la îmbunătățirea conținutului de fosfor mobil din sol cu 109 ppmP, o rată specifică de acumulare de 0,0378 ppmP/1 kg P₂O₅/an a menținut pH-ul solului la valori mai mari de 5,8, gradul de saturație în baze (V%) mai mare de 75%, suma bazelor de schimb (SB%) mai mare de 24%, indici agrochimici care nu implică aplicarea constantă a amendamentelor cu calciu.

4. Lipsa îngrășămintelor cu fosfor timp de 37 ani a determinat reducerea treptată a fosforului mobil din stratul arat al solului cu 0,2972-0,3243 ppmP/an, conținutul solului stabilizându-se în jurul valorii de 20-22 ppmP, îngrășămintele cu azot accentuând acest proces.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BORLAN, Z., HERA, Cr., 1984 – *Optimizarea agrochimică a sistemului sol - plantă*. Editura Academiei R.S. România, București.
- LU, C., TIAN, H., 2017 – *Global Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Use for Agriculture Production in the Past Half Century: Shifted Hot Spots and Nutrient Imbalance*. *Earth System Science Data*, 9: 181-192.
- FIGLIOLINO, M.N., MC GRATH, M.J., VADAS, A.P., ROLSTER, H.C., FRANK, J.C., 2017 – *Use of Annual Phosphorus Loss Estimator (APLE)*. *Model Journal of Environmental Quality*, 46, 6: 1380-1384, USA.
- GAMMON, K., 2017 – *Slow release Nitrogen Fertilizer could Increase Crop Yields*. *Chemical & Engineering News*, American Chemical Society.
- ROUACHED, H., 2016 – *Phosphorus in Agriculture. Need for Efficient Use and Re-use*. *Journal of Crop Research and Fertilizers*, 1: 1-2.
- MULVANEY, R.L., KHAN, S.A., ELLSWORTH, T.R., 2009 – *Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: a Global Dilemma for Sustainable Cereal Production*. *Journal of Environmental Quality*, 38, 6: 2295-2314, USA.

Prezentată Comitetului de redacție la 17 mai 2018