

REGIMUL FOSFORULUI DIN ECOSISTEMELE AGRICOLE ÎMBUNĂTĂȚITE CU NĂMOL DE EPURARE

THE PHOSPHORUS REGIME FROM AGROECOSYSTEMS IMPROVED BY SEWAGE SLUDGE

NICOLAE IONESCU¹

Abstract

Together with other chemical elements: macronutrients and micronutrients, phosphorus (P) takes active part in plant nutrition. The application of waste sludge increased P contents in both soil (Coteț, 2012) and plants (Sharpley et al., 1984). The study of macronutrient was done in terms of sludge doses increased from 0-50 t.ha⁻¹, with and without chemical fertilizers (NP type).

For white luvic-soil sensitive growth were observed with near- normal oscillations of the average concentrations of total P. Mobile forms of phosphorus have seen significant growth, with indices of correlation between 0.393 for maize, the wheat 2 0.230, 0.750 for soybean and 0.939 for wheat 4. However, phosphorus ions (H₂PO₄⁻) were specifically absorbed by the crop: maize, winter wheat and soybeans.

The correlations obtained between P concentrations in plants with sludge doses, showed increases in quite all cases: statistically ensured in maize leaves, flowering period (0.826***), also significant for wheat 2 (0.640**) and non-significant for wheat 4 (0.154), except soybeans (-0.398). Partially decreases in maturity period (in grains) were insignificant for wheat 2 (-0.062) and wheat 4 (-0.437), significant for soybean (-0.562*), and one exception for maize with $r = 0.798^{***}$.

Key words: maize, phosphorus, sludge, soybeans, wheat,

Cuvinte cheie: fosforul, grâul, nămolul, porumbul, soia

INTRODUCERE

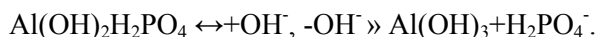
Împreună cu azotul și potasiul, fosforul este considerat elementul major în hrana plantelor. Cu toate acestea, în sol fosforul se află în cantități mici cuprinse între 0,030 și 0,240% în orizontul arabil (Hera și Borlan, 1980). În plus, având în vedere și tendința acestuia de a reacționa cu componentele din sol în urma cărora se formează compuși relativ insolubili (Orbuleț și colab., 2012), apare o nuanță de indisponibilitate a acestuia pentru plantele de cultură. Din aceste considerente, fosforul are importanță majoră în specificul fertilității solului. Fosforul nativ din sol provine, în majoritatea cazurilor, din dezintegrarea și descompunerea rocilor care conțin apatita: Ca₁₀(PO₄)₆(Fe,Cl,OH)₂. În sol, acesta se află divizat fin sub formă de fluorapatită, hidroxiapatită sau cloroapatită și ca fosfați de fier și de aluminiu, ori în combinații cu

¹ Stațiunea de Cercetare – Dezvoltare Agricolă Pitești, județul Argeș . E-mail: scda_pitesti@gmail.com; nicolae_ionescu@yahoo.com

fracțiunile de argilă. Acest fosfor nativ se află în combinație cu humusul și fracțiunea organică (Busman și colab., 2002). Formele de fosfor din ecomediul de cultură sunt astfel de natură organică și anorganică (Davidescu și Davidescu, 1972). Frațiunea organică se află în humus și în orice alt material organic care poate fi sau nu asociat cu fosforul (Tisdale și Nelson, 1975).

Natura reacțiilor fosforului organic nu sunt încă bine cunoscute, iar formele sub care acesta se poate afla în sol sunt: fosfolipidele, acizii nucleici și fosfații inositolii. Plantele absorb fosforul organic în cantități extrem de mici, în general, și din fosfații organici de tipul acizilor nucleici și ai fitinei, rezultați din mineralizarea materiei organice (Hera și Borlan, 1980). Frațiunea anorganică este deosebită de cea organică și face parte din numeroase combinații cu fier, aluminiu calciu etc., formând împreună cu argila complexe argilo-P insolubile (Davidescu și Davidescu, 1981). Fosforul solubil (mobil) se găsește în soluția solului (SSol) și are cea mai mare importanță pentru nutriția plantelor. Absorbția are loc ca ioni ortofosfatici primari: H_2PO_4^- și secundari: HPO_4^{2-} , care se găsesc în soluția solului (Borlan și colab., 1994). Plantele absorb fosforul în relație directă cu concentrația acestor ioni din mediul de cultură (McGechan și Lewis, 2002). Procesele prin care rezultă fosfor mobil în soluția solului sunt, în mare, următoarele: desorbția ionilor fosfat adsorbiți labil pe coloizi, dizolvarea în soluția solului (a sărurilor de calciu și sescvioxizilor acidului fosforic) și difuzia (Nye, 1979).

Asupra fosforului asimilabil, deși acesta ajunge într-un echilibru stabil cu formele neasimilabile (Lindsay și Moreno, 1960), acționează numeroși factori care afectează procesul fiziologic normal de absorbție și translocare a acestuia în plante. Cei mai importanți sunt: pH-ul, clima (precipitații și temperaturi), sistemul de fertilizare, istoria sistemelor de cultură a plantelor. Din cercetări s-a constatat că la valorile pH mici (mediul având caracterul preponderent acid) crește absorbția ionului ortofosfatic primar: H_2PO_4^- , situație întâlnită frecvent în cadrul stațiunii de la Albota. Ionul ortofosfatic secundar (HPO_4^{2-}) este absorbit în condițiile reacției neutre și chiar alcaline a solului. În solurile acide trecerea ionilor fosfat (prin desorbție și dizolvare) poate fi influențată pozitiv (Borlan și colab., 1994) prin hidrolizarea coloizilor, conform reacției:



În plante, fosforul parcurge trei faze distincte, și anume: 1) fosforul anorganic este adsorbit și combinat cu molecule organice sau radicali; 2) compușii primari fosforilați transferă grupul fosforil- la alte molecule prin transfosforilare și 3) fosfatul sau pirofosfatul este desfăcut din intermediarii fosforilați, inclusiv prin substituție de câte un radical organic, sau, pur și simplu, prin despicare. Sursa de energie necesară încorporării fosfatului în combinații organice o reprezintă energia potențială de oxido-reducere liberă în metabolismul oxidativ. Componentii fosfatici din plantă au rol major într-o multitudine de procese: fotosinteza, metabolismul carbohidraților, ai glicolizei, ai aminoacizilor, ai grăsimilor, ai sulfului, oxidările biologice diverse etc. Din punctul de vedere al necesității asigurării plantelor cu fosfor, mai trebuie remarcat și faptul că ratele de refacere a concentrației ionilor activi din soluția solului devine stringentă deoarece plantele nu absorb fosfor uniform din întreaga masă a solului. Scopul asigurării soluției solului cu ionii fosfat, cât mai constant și cât mai concentrat, este ca plantele de câmp să îi aibă la dispoziție pe întregul parcurs al perioadei de vegetație (Borlan și colab., 1994). Experimentul de față cu dozele de nămol menajer orășenesc ar putea crea condițiile

îmbunătățite (Bertoldi și colab., 1983) de hrană a plantelor de cultură: porumb, grâu și soia, datorită nivelului bogat al acestuia în acest MACRO_n vital-fosforul.

MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

În perioada celor patru ani (2004-2009), în cadrul stațiunii, s-a amplasat un experiment staționar de câmp cu doi factori, de tipul cu parcela subdivizată. Factorul A a inclus dozele de nămol cu graduările: 0 t.ha⁻¹, 5 t.ha⁻¹, 10 t.ha⁻¹, 25 t.ha⁻¹ și 50 t.ha⁻¹, iar factorul B - dozele de îngrășămintă chimice la niveluri: N₀P₀ (martorul nefertilizat chimic), N₅₀P₅₀ pentru porumb, N₆₀P₄₀ la grâul(2), N₃₀P₃₀ pentru soia și N₄₀P₄₀ la grâul(4), pentru dozele ½ din necesar și N₁₂₀P₈₀ la porumb, N₈₀P₈₀ la grâul 2, N₆₀P₆₀ la soia și N₈₀P₈₀ la grâul(4), pentru dozele 1/1 (normale). A rezultat în total un număr de câte 15 variante. Nămolul s-a aplicat în primul an - la porumb și repetat și în al doilea an - la grâul(2). Variantele experimentale în suprafață de câte 100 m² s-au multiplicat de 3 ori (3 repetiții). Toate cele trei plante s-au cultivat în condiții normale, după tehnologiile specifice stațiunii. În timpul perioadei de vegetație s-au efectuat mai multe recoltări de probe în scopul efectuării de analize chimice, atât de plante, cât și de sol. Probele de plante au vizat frunzele la înflorit și boabele la maturitatea deplină, în timp ce probele de sol s-au recoltat în perioada depunerii substanțelor de rezervă în boabe.

Probele de frunze s-au recoltat astfel: 2-3 frunze din jurul știuletelui apărut, ultimele 3 frunze de sub spicul de grâu și din porțiunea centrală a tulpinii de soia (aflată în plin proces de înflorire și cu primele păstăi formate la bază). Probele de sol au fost recoltate cu sonda agrochimică de pe adâncimea de 0-20 cm.

Analizele chimice s-au efectuat după norme și metodologii europene moderne. Astfel, fosforul total din sol (P_{FT}), fosforul din frunze (P_{FR}) și din boabe (P_B), după STAS 12205-84, în timp ce fosfor mobil (P_{FM}) după P_{AL}. Conținutul nămolului de epurare în fosfor a fost de 2,25 % în primul an - pentru porumb și 2,56 % în cel de-a doilea an - pentru grâul(2). Nămolul folosit în experimente a suferit un proces de procesare, cu următoarele etape: fermentarea anaerobă în metatancuri, tratarea cu var în scop igienic, tratarea cu polielectrolit pentru ușurarea eliminării apei și eliminarea apei prin filtre-presă. Conținutul în apă la evacuare a fost cuprins între 52 și 58 %.

În prezentarea datelor medii s-au folosit prelucrări statistice ca: testul de analiza varianței (Anova), iar corelațiile și regresiiile, prin programul Excel.

REZULTATE OBTINUTE ȘI DISCUȚII

1. Conținuturile medii de fosfor din mediul de cultură (sol)

Determinările efectuate solului de cultură au demonstrat existența elementului chimic fosfor (P), atât prin formele totale, cât și prin formele mobile. Valorile fosforului total din sol au oscilat în jurul unor valori medii care pot fi considerate ca fiind bune (tabelul 1). Astfel, în cei patru ani fosforul total din sol (P_{FT}) s-a încadrat între 0,0607 și 0,0733 %. Formele mobile au fost între 35 și 92 mg.kg⁻¹ s.u. Evoluția medie a acestora s-ar putea datora influenței favorabile pe care nămolul de epurare o face solului din experiment.

Tabelul 1

Conținuturile medii de fosfor din sol, formele totale (%) și mobile (mg.kg⁻¹ s.u.)
 [The average of phosphorus contents from soil, total forms (%) and mobile ones (mg.kg⁻¹ d.w.)]

P / cultură	Porumb	Grâu(2)	Soia	Grâu(4)	Normalul*
P total, %	0.0607	0.0733	0.0721	0.0722	0.030-0.240
P mobil, mg.kg ⁻¹ s.u.	35	48	47	92	7 - 228

*după Davidescu et Davidescu, 1981

2. Evoluția concentrațiilor de fosfor din ecosistemul porumbului

Odată cu nămolul s-au adus în cultură concentrații diferite de fosfor. Prin amestecarea acestuia cu solul și prin mineralizarea din cursul perioadei de vegetație, conținuturile de fosfor în acest macronutrient (MACRO_n) s-au modificat. Determinările au demonstrat creșteri ale fosforului mobil de la circa 36 mg.kg⁻¹ s.u. în martor și primele variante, până la 40 mg.kg⁻¹ s.u. în dozele mari de nămol (figura 1).

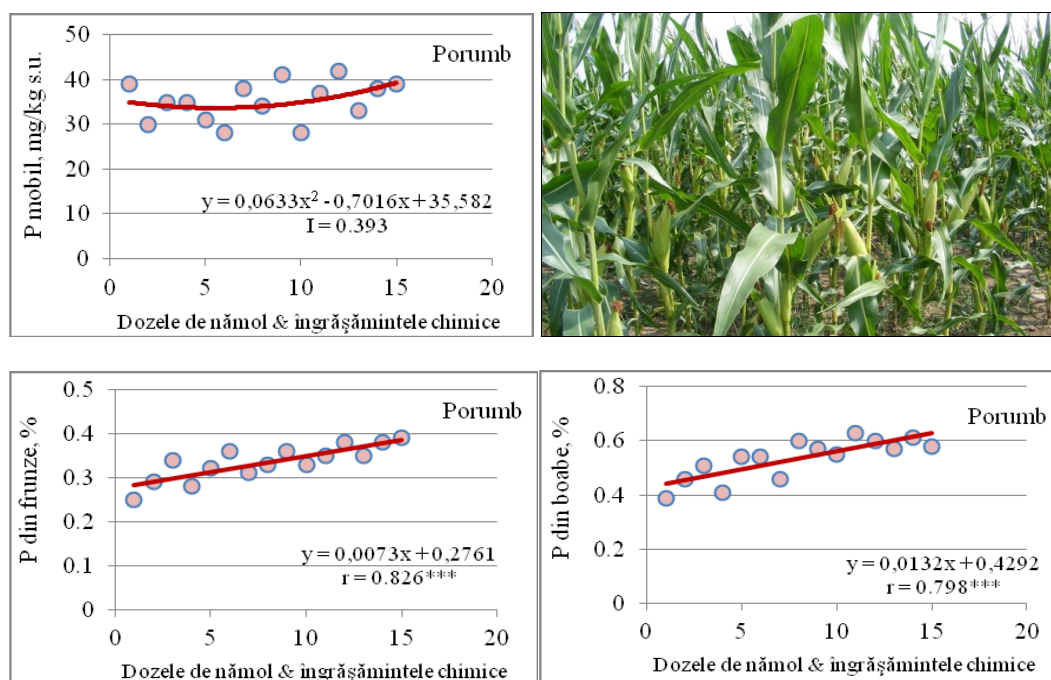


Fig. 1. Evoluția concentrațiilor de fosfor din sol (P_{mobil}) și din plantele de porumb (P_{frunze} , P_{boabe})
 [Phosphorus concentrations evolution from soil ($_{\text{mobile}}P$) and maize plants ($_{\text{leaves}}tP$, $_{\text{grains}}tP$)]

Având la dispoziție fosforul în această evoluție, plantele de porumb au absorbit și metabolizat fosfor la anumite niveluri. Astfel, frunzele de porumb conțineau crescător între 0,276 și 0,390 %, ceea ce arată o bună aprovizionare a plantelor cu fosfor și astfel a fost favorizată din ce în ce mai bine fiziologia plantelor. Într-o fază finală, boabele de porumb au conținut fosfor, de asemenea, crescător cu dozele de fertilizanți între 0,429 și

0,620 %. Între concentrațiile dintre cele două momente ale vegetației porumbului se constată diferențieri. Boabele de porumb au conținut mai mult fosfor, ceea ce recomandă doze consistente de nămol, cu scopul asigurării unui furaj concentrat bogat în acest MICRO_n.

3. Evoluția concentrațiilor de fosfor din ecosistemul grâului anul 2

În al doilea an, grâul de toamnă a beneficiat de încă un rând de doze de nămol de epurare. Aceste condiții au demonstrat că fosforul mobil din solul grâului a cunoscut creșteri (Bondoc, 2012) cu valori sensibil mai ridicate (figura 2). Și într-adevăr concentrațiile de P_{FM} din sol s-au încadrat între 40 și 50 mg.kg⁻¹ s.u. Această creștere fiind la un nivel mai ridicat decât cel din porumb demonstrează că plantele de grâu din acest an au avut la dispoziție din plin fosforul pentru hrană. Prin absorbție și combinare fosforul total a luat parte activă la fiziologia plantelor.

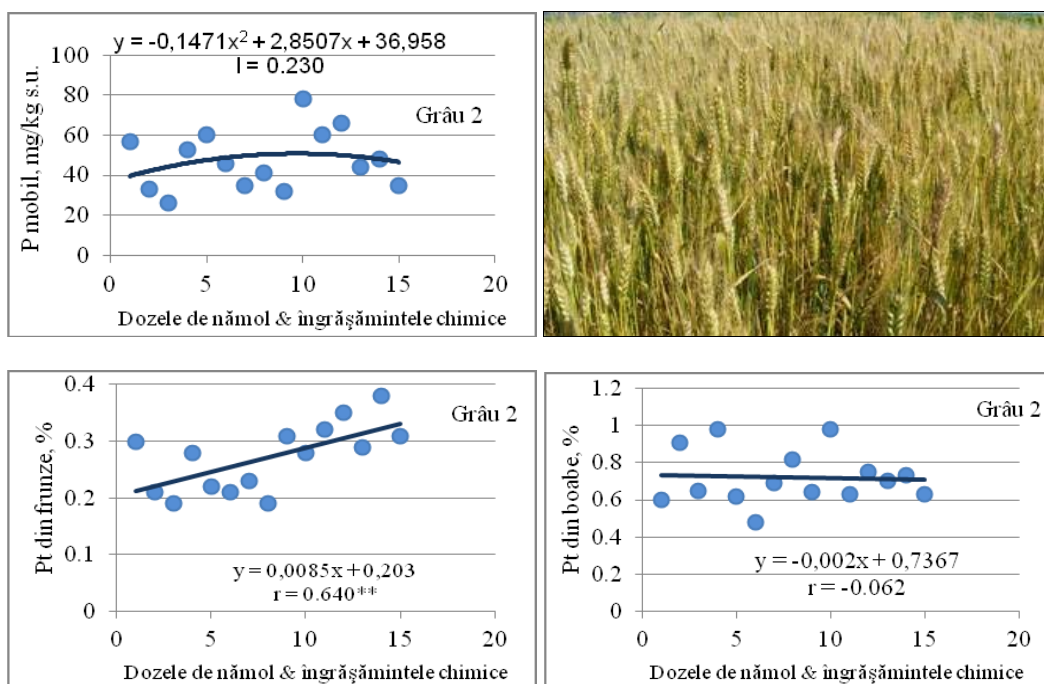


Fig. 2. Evoluția concentrațiilor de fosfor din sol (P_{mobil}) și din plantele de grâu(2) (Pt_{frunze}, Pt_{boabe})
[Phosphorus concentrations evolution from soil- mobileP and wheat(2) plants (leavesP, grainsP)]

Față de concentrațiile din frunzele de porumb, la grâul(2) acestea au fost ceva mai mici. Corelația obținută dintre dozele experimentale și concentrațiile de fosfor total din frunze demonstrează specificul hrănirii grâului cu acest MACRO_n în această fază de fiziologie maximă. Concentrațiile de fosfor total au oscilat între 0,203 și 0,320%. Boabele de grâu au conținut fosfor total între 0,737 și 0,720%, fiind într-o corelație negativă cu dozele de fertilizanti organo-minerali folosiți.

4. Evoluția concentrațiilor de fosfor din ecosistemul soiei

În acest an de remanență a dozelor de nămol de epurare, soia a beneficiat în continuare de influența crescătoare a dozelor aplicate, astfel că solul a exprimat concentrații de fosfor din ce în ce mai evidente (figura 3). Determinările efectuate arată că P_{FM} a oscilat în primele variante în jurul a $43 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ s.u.}$ și a crescut până la circa $60 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ s.u.}$ la dozele mari de nămol. Din acest mediu bogat în fosfor plantele de soia au absorbit macronutrientul în concentrații specifice și speciale. Astfel, frunzele din perioada înfloritului conțineau fosfor total între 0,276 și 0,188%, evident descrescător și cu o împrăștiere mare a valorilor în jurul dreptei de regresie ($r = -0,398$). Este posibil ca în această fază a plantelor de grâu fosforul din țesuturile frunzelor să fie într-o stare de contradicție/antagonism cu alte elemente nutritive. Boabele de soia au conținut fosfor total în concentrații cuprinse între 0,730% în dozele mai mici și 0,547% în dozele mai mari. În această fază finală a soiei fosforul din plantă a fost depozitat în concentrații constant descrescătoare, cu asigurare statistică ($r = -0,562^*$).

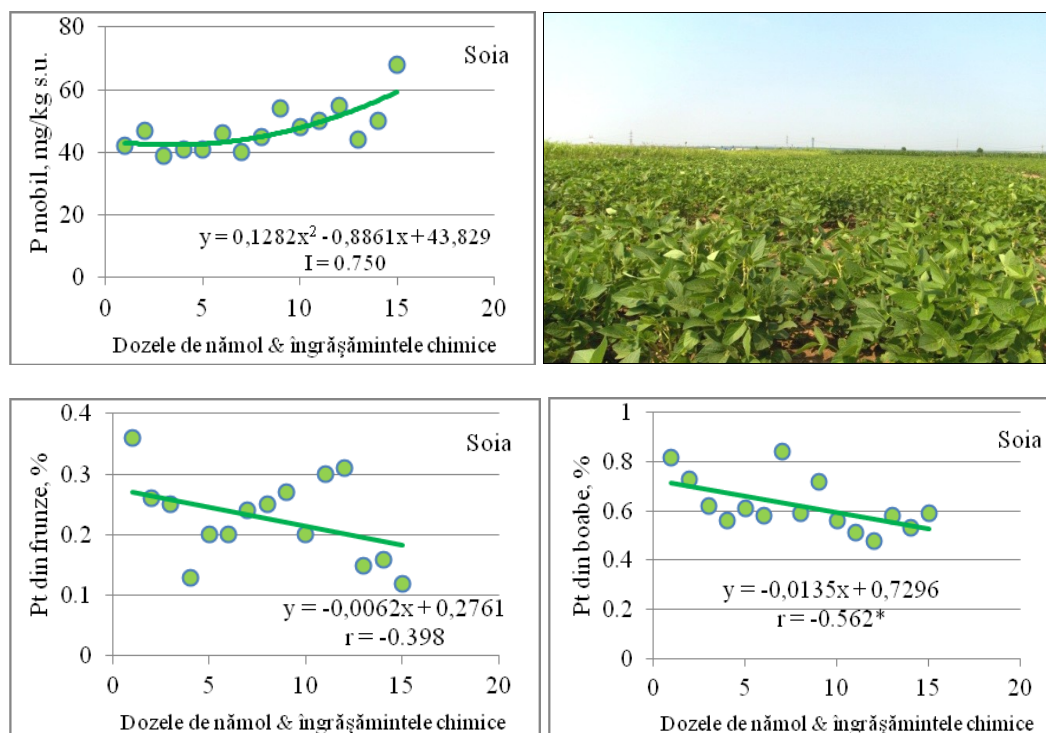


Fig. 3. Evoluția concentrațiilor de fosfor din sol (P_{mobil}) și din plantele de soia ($P_{tfrunze}$, P_{tboabe})
[Phosphorus concentrations evolution from soil ($mobileP$) and soybean plants ($leavesP$, $grainsP$)]

5. Evoluția concentrațiilor de fosfor din ecosistemul grâului anul 4

În ultimul an grâul de toamnă a beneficiat, de asemenea, de efectul remanent al nămolului (anul 2), iar fondul climatic s-a încadrat în caracteristica de secetos. Pe acest fond, era de așteptat ca și analizele de sol pentru fosfor să aibă unele scăderi valorice. Cu toate acestea, determinările de P_{FM} din sol au demonstrate evoluții crescătoare, destul de

clare, cu funcția abrupt, iar indicele de corelație a fost ridicat ($I = 0,939$), ceea ce scoate în evidență o stare specifică. Limitele de oscilație ale P_{FM} au fost între 54 și 150 mg.kg^{-1} s.u. (figura 4). În aceste condiții frunzele din periodada înfloritului au conținut între 0.132 și 0.140 % fosfor total. Aceste concentrații se consideră a fi destul de scăzute, iar principala cauză o constituie fondul secetos în care au vegetat plantele de grâu. Boabele aflate în faza de maturitate au conținut descrescător fosfor total, și anume, între 0,412 % în martor și 0,323 % în dozele mai mari. Cauza se află în același fond secetos din peritada de vegetație a grâului.

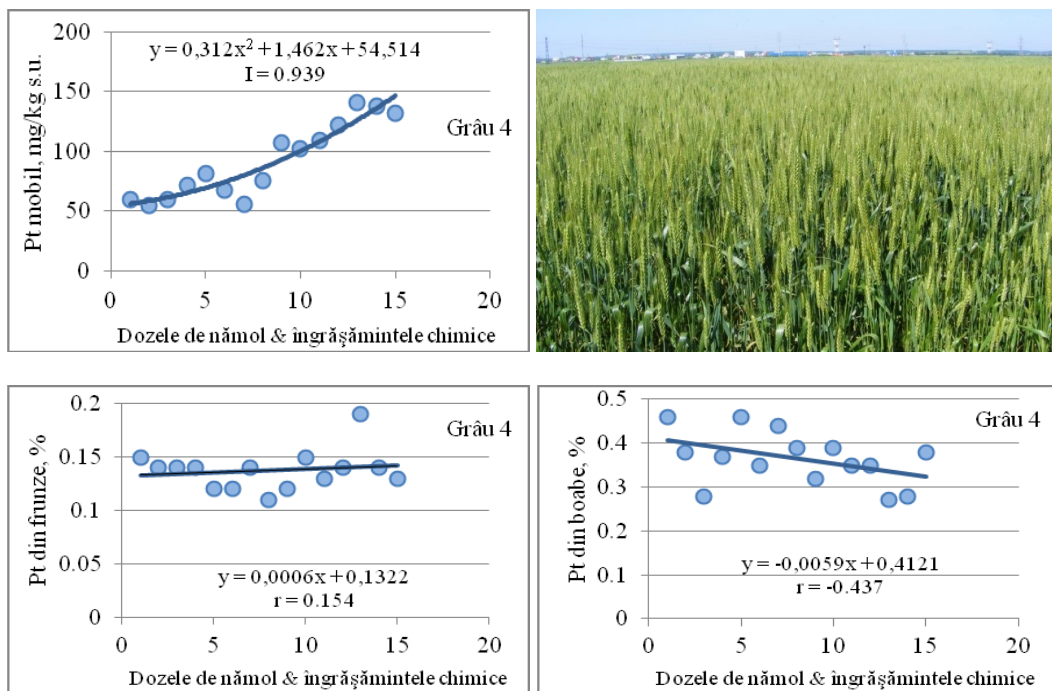


Fig. 4. Evoluția concentrațiilor de fosfor din sol (P_{mobil}) și din plantele de grâu(4) (P_{frunze} , P_{boabe}) [Phosphorus concentrations evolution from soil ($mobileP$) and wheat(4) plants ($leavesP$, $grainsP$)]

Tabelul 2

Concentrațiile de fosfor obținute în ecosistemele fertilizate cu nămolul de epurare (Phosphorus concentrations obtained from agroecosystems improved by sludge)

Ecosistemul	Formele de fosfor din sol			Formele de fosfor din plante	
	P_{FT} , %	P_{FM} , mg.kg^{-1} s.u.		P_{FR} , %	P_B , %
		Determinate	Asigurarea		
Porumbul	0,05 – 0,08	35 - 40	Mijlocie	0,28 – 0,39	0,43 – 0,62
Grâul(2)	0,06 – 0,10	40 - 44	Bună	0,21 – 0,33	0,74 – 0,73
Soia	0,06 – 0,09	41 - 60	Bună	0,28 – 0,18	0,73 – 0,42
Grâul(4)	0,06 – 0,09	40 - 44	Bună	0,13 – 0,14	0,41 – 0,32

CONCLUZII

- Nămolul de epurare intervine în regimul fosforului (P) din ecosistemele agricole unde a fost aplicat. În funcție de dozele de nămol aplicate, cu și fără îngrășăminte chimice, conținuturile de fosfor total din solul fertilizat au crescut la niveluri considerate moderate.

- Fosforul mobil (P_{FM}) a cunoscut evoluții medii crescătoare în cei patru ani de cultură. Astfel, în primul an porumbul a beneficiat de concentrații cuprinse între 30 și 40 $mg.kg^{-1}$ s.u. Grâul din anul doi a avut la dispoziție fosfor mobil între 40 și 60 $mg.kg^{-1}$ s.u., la fel ca și în cazul soiei din anul trei. Grâul din ultimul an a avut fosfor mobil între 50 și 150 $mg.kg^{-1}$ s.u.

- Având concentrații disponibile de fosfor, plantele au absorbit ionii de fosfor în cantități specifice. O situație sinoptică a rezultatelor obținute cu conținuturile de fosfor din cele patru ecosisteme scoate în evidență specificitatea circuitului acestui valoros element chimic necesar pentru creșterea și dezvoltarea plantelor de câmp.

- În ecosistemul porumbului plantele au absorbit și folosit fosfor, iar concentrațiile s-au dovedit crescătoare pe dozele de fertilizanți, și anume, între 0,3 și 0,4 % în faza de înflorit - în frunze și între 0,4 și 0,6 % în faza de maturare - în boabe.

- Grâul din anul doi a acumulat din ce în ce mai mult fosfor în perioada înfloritului, astfel încât frunzele acestuia conțineau între 0,2 și peste 0,3 %. Boabele mature au conținut fosfor în jurul a 0,7 %.

- Soia din anul trei a absorbit fosfor, iar concentrațiile determinate s-au exprimat prin relații inverse cu dozele de fertilizanți, atât la înflorit, cât și la maturitate. Astfel, la înflorit acestea au fost cuprinse între 0,28 și 0,18 %, iar la maturitate, între 0,73 și 0,54 %.

- Grâul din ultimul an a conținut fosfor din frunze în mod crescător: între 0,13 și 0,14 %, iar pentru boabe corelația a fost negativă și cuprinsă între 0,41 și 0,33 %.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BERTOLDI, M., VALLINI, G., PERA, A., 1983 – *The biology of composting: a review*. Waste Management & Research, 1: 157-176.
- BONDOC, T., 2012 – *The effect of nitrogen and phosphorus on wheat yields, Șimnic variety, on the luvisoil from ARDS Șimnic*. Proceedings Analele Universității din Craiova, 42(1): 85-88.
- BORLAN, Z., HERA, CR., DORNESCU, D., KURTINECZ, P., RUSU, M., BUZDUGAN, I., TĂNASE G., 1994 – *Fertilitatea și fertilizarea solurilor (compendiu de agrochimie)*, Ed. Ceres, București: 71-94, 138-155, 289-307.
- BUSMAN, L., LAMB, J., RANDALL, G., REHM, G., SCHMITT, M., 2002 – *The nature of phosphorus in soil*. University of Minnesota, USA.
- COTEȚ, V., 2012 – *Modification of main soil agrochemical indicator under different fertilization systems applied in greenhouse for maize and oats yields*. Proceedings Scientific Papers, Series A, Agronomy, UASVM București, 54: 36-39.
- DAVIDESCU, D., DAVIDESCU, V., 1972 – *Chimizarea agriculturii. Testarea stării de fertilitate prin plantă și sol*. Editura Academiei RSR, București: 246-253.
- DAVIDESCU, D., DAVIDESCU, V., 1981 – *Agrochimia modernă*. Editura Academiei RSR, București, 241-270: 306-308.

- HERA, CR., BORLAN, Z., 1980 – *Ghid pentru alcătuirea planurilor de fertilizare*. Ed. Ceres, București: 36-48, 79-82, 108-123, 130-150, 175-182.
- LINDSAY, W.L., MORENO, E.C., 1960 – *Phosphate phase equilibrium in soils*. Proceedings Soil Science Society of America (SSSA), 24(3): 177-182.
- McGECHAN, M.B., LEWIS, D.R., 2002 – *Sorption of phosphorus by soil. Part 1: Principle, Equation and Models*. Biosystems Engineering, 82(1): 1-24.
- NYE, P.H., 1979 – *Diffusion of ions and uncharged solutes in soils and clays*. Advanced Agronomy, 31: 225-272.
- ORBULEȚ, O.D., MODROGAN, C., MIRON, A.R., APOSTOL, D.G., COSTACHE, C., CONSTANTINESCU, I., 2012 – *Aplicarea modelelor cinetice pentru evaluarea proceselor de sorbție a ionilor fosfat în sol*. Proceedings Simpozionul Național C.I.E.C., București, 225-234.
- SHARPLEY, A.N., JONES, C.A., GRAY, C., COLE, C.V., 1984 – *A simplified soil and plant phosphorus model; II. Prediction of liable, organic and sorbed phosphorus*. Soil Science Society of America (SSSA) Journal, 48: 805-809.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L., 1975 – *Soil fertility and fertilizers*. Mcmillan Publishing Co., Inc., New York, USA, 66-73, 189-242.
- *** *Mică enciclopedie agricolă*, 1988 – Editura Științifică și Enciclopedică, București, 228-230.

Prezentată Comitetului de redacție la 9 mai 2013