

PROBLEMA FOSFORULUI ÎN AGRICULTURA REPUBLICII MOLDOVA

Conferențiar universitar **Gheorghe PRIPA**
Universitatea Agrară de Stat din Moldova

THE ISSUE OF THE PHOSPHORUS IN THE AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Summary. Phosphorus is one of the most important nutrients for agricultural crops. Reserves of this element in the soils of the Republic of Moldova are approx. 10 t / ha in the 1m layer. At the same time, there is a need to incorporate small doses of phosphorus fertilizer annually. In order to increase soil phosphorus mobility in some countries, the application of some acids in the soil (H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 , citric acid), sulfur, CO_2 saturated water, mineral acid physiological fertilizers, manure and industrial acid wastes. Some cultures are also cultivated that can solubilize phosphates in the soil.

Keywords: phosphorus, solubilization of phosphates, application of acids, acids.

Rezumat. Fosforul este unul dintre cele mai importante elemente nutritive pentru culturile agricole. Rezervele acestui element în solurile Republicii Moldova constituie cca 10 t/ha, în stratul de 1 m. Totodată, apare necesitatea de a încorpora anual doze mici de fertilizanți cu fosfor. Pentru creșterea mobilității fosforului din sol în unele țări se practică aplicarea unor acizi în sol (H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 , acidul citric), precum și a sulfului, a apei saturate cu CO_2 , a îngrășămintelor fiziologic acide, a unor deșeuri zootehnice și industriale cu reacție acidă. De asemenea, se cresc culturi capabile să solubilizeze fosfații din sol.

Cuvinte-cheie: fosforite, solubilizarea fosforitelor, aplicarea acizilor, acizi.

INTRODUCERE

Actualmente, umanitatea se confruntă cu mai multe probleme acute, precum epuizarea surselor de carburanți și a apei potabile sau creșterea concentrației de gaze cu efect de seră din care rezultă încălzirea globală. Puțini cunosc însă că o problemă la fel de importantă pentru omenire este epuizarea resurselor de fosfor din care se produc îngrășămintele fosforice. Fără fosfor ar putea fi produse numai jumătate din alimente. Prin urmare, lipsa acestui element pentru plante, asemenea dispariției petrolului pentru mașini, ar însemna întoarcerea noastră în Evul Mediu sau chiar în Epoca de Piatră. Or, fosforul nu poate fi substituit cu alte elemente și nici nu poate fi sintetizat artificial.

Sunt câteva țări ce dispun de zăcăminte mari de fosfor – Maroc, SUA, Rusia și China [1], majoritatea însă deja se confruntă cu insuficiența acestui element, ceea ce conduce la reducerea recoltelor și a calității producției. Republica Moldova nu dispune de fosforite sau apatite. Rezervele de fosfor din majoritatea solurilor autohtone constituie 7-17 t/ha și ar satisface necesitățile culturilor agricole pe un termen de peste 100 de ani. Prin urmare, pentru țara noastră trebuie găsite alte căi de soluționare a problemei respective.

ISTORIA PROBLEMEI FOSFORULUI

La mijlocul secolului al XIX-lea, savantul german Justus von Liebig, analizând compoziția chimică a

plantelor, a stabilit că cele mai importante elemente nutritive pentru creșterea și dezvoltarea lor normală sunt în număr de 17: C, O, H, N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl. Primele trei elemente (C, O și H) reprezintă cca 90%, N, P, K, S – 4,4%, Na, Ca, Mg, Cl și Si – 2,7%, iar microelementele Mn, Cu, Zn, Mo, B și Cl numai 0,2-0,3% [2, 3].

Azotul și potasiul sunt utilizați de către plante în cantități relativ mari – 150-300 kg/ha fiecare element, iar fosforul – în cantitate de numai 50-100 kg/ha. I. Liebig a formulat legea restituirii elementelor nutritive, potrivit căreia toți nutrienții extrași din sol cu recolta urmează să fie întorși în pământ. Mai târziu s-a stabilit că este nevoie de restituit nu toate elementele nutritive, ci numai azotul, fosforul și potasiul. În cazul obținerii unor recolte foarte înalte, apare necesitatea de a aplica și alte macroelemente (Ca, Mg, S, Fe) sau microelemente (Zn, Mn, Mo, Cu, I, B).

La începutul sec. al XIX-lea, englezii au observat că indienii de pe continent transportau de pe unele insule ale Oceanului Pacific (aproape de America Latină) *guano* – excremente de păsări sălbatice descompuse. Acest îngrășământ se încorporează în solurile sărace și pietroase de pe continent, sporind semnificativ recoltele culturilor agricole. Analiza chimică a demonstrat că guano era bogat în nutrienți, dar cel mai mult el conținea fosfor. Nu în zadar indienii din Peru îl foloseau de secole la fertilizarea diferitor culturi agricole. Pentru aceste insule s-au dus adevărate lupte diploma-

tice între SUA și Marea Britanie, timp de cca 100 de ani. Contradicțiile s-au sfârșit atunci când s-au epuizat rezervele de guano.

Între timp, s-au găsit alte surse de fosfor – oasele de animale domestice și sălbatice. Mărunțite și aplicate pe soluri acide ele s-au dovedit a fi un bun îngrășământ fosfatic. În unele țări fermierii dezgropau oseminte omenești pe locurile unde s-au dus cândva bătaii cumplite și le foloseau ca îngrășământ. Nu este de mirare că primele îngrășăminte fosfatice (superfosfatul simplu) au fost obținute la prelucrarea făinii de oase cu acid sulfuric. Acest procedeu se utilizează și astăzi la obținerea superfosfatului, doar că drept materie primă servește nu făina de oase, ci fosforitele sau apatitele care au aceeași formulă chimică – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Fosforul oaselor de animale nu putea asigura cerințele crescânde ale agriculturii. Geologii au găsit zăcăminte mari de fosforite și apatite, care au început să fie explorate mai întâi în SUA și China. Producerea și aplicarea îngrășămintelor fosfatice împreună cu cele azotate și potasice au declanșat o adevărată revoluție în agricultură. La 1740, recoltele de grâu în lume constituiau numai 0,7 t/ha (figura 1). Între timp, s-a constatat că la cultivarea grâului după lucernă sau trifoi recolta grâului s-a majorat până la 1,5-1,6 t/ha, pe baza azotului acumulat de culturile leguminoase. Producerea în masă și utilizarea îngrășămintelor minerale în perioada 1840–1925 a dublat producția de cereale la începutul secolului al XX-lea până la 2,8-3,0 t/ha în țările unde se utilizau acești fertilizanți. Experimentele ulterioare cu îngrășămintele minerale au arătat că anume ele sunt factorul principal de intensificare a agriculturii în viitorul apropiat și cel îndepărtat. Potrivit datelor statistice, în țările cu agricultură avansată (statele UE și SUA) recolta medie a grâului în ultimii ani constituie 4,5-5,7 t/ha [4].

Cantitatea de îngrășămintă minerale folosită în lume, în anul agricol 2015–2016, s-a majorat de cinci ori și a atins cifra de 181 mil. t, iar costul lor a consti-

tuit \$70 de miliarde, inclusiv 41,3 mil. t de fertilizanți cu fosfor.

Rezervele de fosforite și apatite în lume sunt însă limitate, constituind cca 15 miliarde de tone. Ele nu sunt regenerabile, iar 85% dintre ele sunt amplasate în numai patru țări – Maroc, SUA, Rusia și China [5]. Apare întrebarea, ce vor face majoritatea țărilor care nu dispun de zăcăminte fosforice? Actualmente ele procură îngrășămintele în cauză de la țările menționate mai sus.

După pronosticurile specialiștilor, rezervele mondiale de zăcăminte fosfatice ar ajunge pentru 35-40 de ani. [6]. Cu ce se va hrăni populația planetei care crește permanent după epuizarea rezervelor de fosforite? În paralel cu sursele tradiționale de energie (petrolul, gazul, cărbunele) există și surse alternative: energia solară, eoliană, hidroelectrică, biomasa etc. Fosforul însă nu are alternativă, nu poate fi înlocuit cu alte elemente nutritive.

Monopolul asupra materiei prime pentru producerea îngrășămintelor cu fosfor a câtorva țări a dus și va duce la monopolul asupra prețurilor fertilizanților respectivi. În 2008, de exemplu, costul îngrășămintelor minerale a crescut de șase ori, inclusiv a celor cu fosfor de patru ori, fapt ce a dezechilibrat prețurile alimentelor. Aceasta, la rândul ei, a provocat tensiuni și proteste ale populației în peste 40 de țări în curs de dezvoltare.

Totodată, folosirea unor doze de îngrășămintă fosforice se manifestă nu numai în creșterea recoltelor culturilor agricole, dar și în spălarea unei părți a fosforului în apele de suprafață. Conținutul ridicat de fosfor în aceste ape cauzează înmulțirea excesivă a algelor și a multilelor microorganisme. În consecință, scade conținutul de oxigen și de lumină în apă, pier în masă peștii și alte vietăți acvatice. Actualmente, în lume sunt peste 400 de așa-numite „zone ale morții” situate în apropierea țărmurilor mărilor și oceanelor. În viitorul apropiat se prognozează dublarea cantităților de fertilizanți cu fosfor, prin urmare și dublarea numărului „zonelor morții” [5].

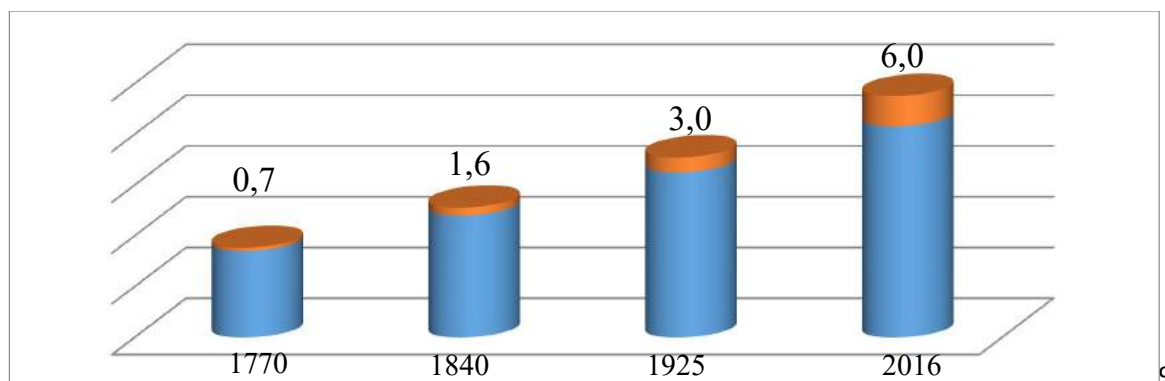


Figura 1. Dinamica recoltelor grâului de toamnă în lume, t/ha [1].

În condițiile țării noastre, unde reacția majorității solurilor este neutră sau slab-alkalină, fosforul, administrat cu îngrășămintele minerale, nu poate fi spălat din cauza că formează compuși slab solubili sau insolubili și se sedimentează. Însă conținutul fosforului în apele de suprafață crește permanent și în țara noastră. Care este totuși sursa de poluare? Cu certitudine, deșeurile zootehnice ce se păstrează și se aplică cu mari încălcări. Eroziunea solului de asemenea poate spăla stratul fertil de la suprafață cu tot cu îngrășămintele organice sau minerale administrate.

Republica Moldova nu dispune de zăcăminte de fosforite sau apatite. S-au depistat numai urme de fosforite în partea de nord a Moldovei, pe malul Nistrului, dar rezervele sunt foarte mici și conțin puțin fosfor. În schimb solurile noastre conțin în stratul de 1 m de la 7-8 până la 15-17 t/ha fosfor total. Reacția neutră sau slab alkalină a majorității solurilor, conținutul înalt de calciu din sol reduce mobilitatea fosforului și spălarea lui în straturile de mai jos. Prin urmare, îngrășămintele minerale nu sunt o sursă de poluare a mediului înconjurător cu acest element (cu excepția eroziunii de apă), cu atât mai mult că actualmente în țara noastră se utilizează numai 8,6 kg/ha fosfor [7].

La aplicarea îngrășămintelor culturile agricole utilizează doar o parte din fosfor: în primul an numai 15-20%, în al doilea an 5-10% și în al treilea an cca 3-5%. Timp de 3-5 ani după încorporarea îngrășămintelor cu fosfor, plantele folosesc circa 23-35%. Restul fosforului este fixat de către sol sub forma unor compuși minerali slab-solubili sau insolubili în apă, fiind, prin urmare, inaccesibili plantelor.

Încorporarea sistematică a fosforului duce la creșterea conținutului acestui element în sol. Pentru solurile carbonatice și obișnuite din țara noastră, conținutul optim de fosfor trebuie să constituie cca 3-3,5 mg/100 g de sol. La momentul destrămării URSS, circa 75-80% dintre terenurile arabile ale R. Moldova aveau un astfel de conținut situându-ne la nivelul Germaniei după indicele respectiv. Aceasta s-a datorat faptului că în anii '70 ai secolului trecut, s-a aplicat mai mult fosfor decât s-a extras cu recoltele. Investigațiile profesorului C. Zagorcea [8] au demonstrat că pentru a crește conținutul de fosfor mobil în sol cu 1 mg/100 g de sol, trebuie de administrat circa 130-140 kg/ha fosfor.

Calculul rezervelor de fosfor total în stratul de 1 m pentru diferite tipuri de sol în condițiile Republicii Moldova demonstrează că ele sunt relativ mari: în solurile cenușii și brune de pădure 7-8 t/ha, în cernoziomul carbonatic și obișnuit 10-13 t/ha, în cernoziomul tipic și levigat 15-17 t/ha. Comparând cifrele respective cu necesarul anual al majorității culturilor agricole (50-70 kg/ha), putem conchide că rezervele în cauză ne pot

ajunge pe o perioadă de peste o sută de ani. Cu părere de rău, aceste cantități de fosfor nu sunt solubile în apă și nici accesibile pentru plante [9]. Ele vor fi utilizate treptat de viitoarele generații într-o perioadă mult mai îndelungată, iar producțiile vor fi relativ joase.

CĂILE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A REGIMULUI DE FOSFOR ÎN SOLURILE MOLDOVEI

După cum am menționat, principala sursă de poluare a apelor de suprafață cu fosfor în condițiile Republicii Moldova sunt deșeurile zootehnice. Fosforul din aceste reziduuri este mobil în sol, nimereste în apele de suprafață și-și sporește considerabil concentrația, cauzând înverzirea apei. Îngrășămintele minerale fosforice aplicate în sol se transformă ușor în compuși greu solubili sau insolubili și nu se spală în straturile de mai jos ale solului.

Majoritatea solurilor din Republica Moldova sunt cernoziomuri și conțin relativ mulți fosfați. Dar fiind în stare inaccesibilă ei nu pot fi asimilați de către plante. Prin urmare, toate măsurile de utilizare eficientă a acestui element trebuie să fie îndreptate spre creșterea accesibilității rezervelor de fosfor din sol.

A. Administrarea îngrășămintelor organice

Producerea cărnii este legată de un consum de 50 de ori mai înalt de fosfor, în comparație cu cultivarea legumelor. Dar tehnologii de eliminare a acestui element din deșeurile animale pe moment practic nu există [6].

În Republica Moldova din sectorul zootehnic se acumulează anual circa 3 mil. t gunoi de grajd (cu sau fără așternut), în care se conțin circa 7 500 t fosfor. Aplicând acest îngrășământ în doză de 24 t/ha (sau P_{60}), anual putem fertiliza 125 de mii de hectare. În același timp, anume această sursă poluează mediul înconjurător cu fosfor. Or, compușii organici ai fosforului sunt mobili și se deplasează pe profilul solului, spre deosebire de fosforul aplicat cu îngrășămintele minerale.

Practica mondială demonstrează că în China activează peste 4 000 de fabrici de prelucrare a deșeurilor animale, acestea fiind uscate, compostate, prelucrate cu râmele roșii de California, cu larvele muștei de casă, obținându-se biogaz. În final se obține un îngrășământ organic foarte prețios, precum și alte produse secundare. Practica respectivă ar trebui preluată de la chinezi și în Moldova [10].

O sursă importantă de fosfor reprezintă deșeurile alimentare (coji de cartofi, resturi de fructe și legume, produse alimentare deteriorate). Astfel de deșeuri în UE se colectează separat în pungi degradabile, se compostează, obținându-se din ele un îngrășământ organic [10].

Tot o sursă de fosfor sunt fecaliile umane, care sunt folosite foarte puțin în lume și deloc în Republica Moldova. O persoană într-un an elimină cca 550 l urină și 60 kg fecalii, în care se conțin corespunzător N – 4 kg, P – 0,37 kg, K – 1 kg și N – 0,55 kg, P – 0,18 kg și K – 1,36 kg [11]. Medicii avertizează că masele fecale conțin o mulțime de agenți patogeni și pot provoca multe boli la oameni. Dar nu mai puțini agenți patogeni se conțin și în gunoiul de grajd, gunoiul de păsări, composturi pe care le utilizăm pe larg în agricultură după fermentarea corespunzătoare. Probabil că și deșeurile a 7 miliarde de oameni de pe glob pot fi transformate în îngrășăminte organice. Mai întâi acestea trebuie compostate cu frunze, paie, resturi vegetale prin metoda caldă, apoi administrate în sol în doza de 10-15 t/ha.

Mult fosfor se conține în oasele animalelor domestice și ale peștilor folosiți în alimentația omului. Deșeurile spitalicești ce includ diferite organe omenеști (dinți extrași, membrele inferioare și exterioare etc.) de asemenea pot servi ca sursă de fosfați. Personal cunosc agenți economici care reciclează parțial oase animaliere. Criza fosforului ne va forța să colectăm separat aceste deșeuri, să le calcinăm, apoi să le transformăm în superfosfat. Cu cât mai devreme vom începe acest lucru, cu atât mai bine pentru noi, cei care nu avem zăcăminte de fosforite sau apatite. În unele țări ale UE deșeurile respective deja se colectează separat și se reciclează.

B. Creșterea unor culturi agricole cu capacitate înaltă de solubilizare a fosfaților din sol

Unele culturi agricole (lupinul, muștarul, hrișca, varza) au capacitate mare de solubilizare a fosfaților din sol. Astfel de culturi pot fi crescute fără a aplica îngrășăminte cu fosfor, obținând recolte înalte [2, 3]. Alte culturi agricole (mazărea, soia, lucerna, trifoiul, secara, porumbul) mai slab, dar totuși pot utiliza parțial acest element din sol. Aici s-ar putea implica amelioratorii, creând soiuri și hibridi noi de culturi agricole cu capacitate sporită de solubilizare a fosfaților solului. În SUA prin metoda ingineriei genetice s-a obținut un soi de soia cu asemenea calități.

Afinele de asemenea pot solubiliza fosfații din sol. Ele cresc cel mai bine pe soluri ușoare (nisipoase) și acide (pH 3-4). Rădăcinile acestor plante se află în simbioză cu unele ciuperci microscopice. Unele celule ale ciupercii sunt implantate în rădăcinile plantelor, altele sunt libere în afara rădăcinii. Datorită acestui fapt, ciuperca absoarbe din sol apa și substanțele minerale și ajută la îndestularea plantei cu elementele respective. Planta la rândul ei ajută ciuperca oferindu-i substanțe organice sintetizate în frunze. Ciuperca este activă numai în prezența unui conținut înalt de oxigen și mediu foarte acid. Dacă pH este 5-6, micoriza nu

funcționează, iar pe plantă apar simptome de carență a NPK. În soluri sărace, dar cu mult aer și reacție acidă, aceste plante se asigură cu fosforul din sol [12].

În fosta URSS A. Klimașevski [13] a descoperit mutanți naturali ai unor culturi din familia leguminoaselor, care pot folosi cu succes fosfații insolubili din sol și au nevoie de aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. S-ar putea ca aceste forme să se păstreze în colecția din or. Sanct-Petersburg și pot fi reintroduse în circuitul agricol din țara noastră. Acești mutanți noi ar folosi cu succes rezervele mari de fosfor și potasiu din solurile de cernoziom, preluând azotul prin simbioză din aer.

C. Aplicarea „îngrășămintelor bacteriene”

Pentru solubilizarea fosfaților din sol microbiologii propun „îngrășăminte bacteriene” – produse ce conțin bacterii aparținând diferitor genuri (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Azotobacter*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Erwinia* și *Micrococcus*). Aplicare în sol, ele elimină acizi minerali și organici, fermenți din grupa fosfatazelor care accelerează descompunerea fosfaților organici din sol până la acidul fosforic (H_3PO_4) accesibil pentru plante [14]. Cea mai răspândită este fosfobacterina ce conține spori de *Bacillus mega-therium*. Prelucrarea semințelor cu soluție de fosfobacterină (media pe 8 ani), a asigurat un adaus de recoltă la mei de 220 kg/ha. De regulă, ea se administrează pe solurile bogate în substanță organică – cernoziomuri și soluri de turbă [15].

Unele bacterii pot descompune chiar și fosfații minerali, conținutul cărora prevealează în solurile de cernoziom, comparativ cu compușii organici ai fosforului [16]. Dar până la aplicarea în masă a acestor bacterii mai e mult de lucrat.

D. Aplicarea produselor pe bază de ciuperci

Fosfații minerali din sol pot fi solubiliizați chiar și de unele ciuperci [16]. În pofida faptului că ocupă doar 0,1-0,5% din totalul de microorganisme, ele elimină mai mulți acizi și fermenți, se răspândesc mai adânc în sol și prin urmare mobilizează mai activ fosfații. Cele mai răspândite produse pe bază de ciuperci se obțin din speciile *Aspergillus*, *Penicillium*.

Astăzi internetul este supraîncărcat cu oferte de asemenea produse: diferite specii de bacterii, ciuperci, actinomicete, alge care, după cum descriu autorii, sunt panaceul rezolvării tuturor problemelor de nutriție a plantelor, inclusiv cea a fosforului. Aceste produse nu rezolvă însă aproape nimic, ci numai umplu buzunarele unor firme și afaceriști. Circa 99% dintre ele sunt prea puțin eficiente din cauza pieririi lor la variația bruscă a factorilor de mediu – temperatură, umiditate, aerație, reacția mediului etc. [16].

E. Acidularea solurilor

În Republica Moldova una dintre cele mai eficiente măsuri de mobilizare a rezervelor de fosfor din sol este schimbarea reacției solurilor în slab acidă. La pH 5,5-6 sau mai jos, fosfații de calciu din sol $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ trec parțial în CaHPO_4 . Ultimii sunt slab solubili în soluții acide și majoritatea plantelor pot utiliza parțial rezervele mari de fosfor din cernoziomurile noastre. Acidularea solurilor se efectuează prin încorporarea acizilor H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 – 3-15%, a acidului citric – 0,1-0,2%, precum și a deșeurilor acide. Nu se recomandă administrarea acizilor concentrați, ci numai a soluțiilor diluate. Acizii concentrați pot descompune parțial partea minerală sau organică a solului și majorează pierderile de humus [17]. Astfel, în viitorul apropiat ar trebui să înlocuim unele îngrășăminte minerale tradiționale cu unii acizi minerali – H_2SO_4 , H_2SO_3 , HNO_3 , H_3PO_4 . În condițiile Republicii Moldova, în anii 1970 [18], s-a încercat utilizarea ligninei (deșeu de la fabricile biochimice, cu pH 2-2,5, care anual se acumula în volum de cca 150 mii t).

Alți savanți recomandă pentru acidularea solurilor alcaline în condițiile Statului California (SUA) aplicarea ureei în amestec cu acidul sulfuric sau cu sulful natural. Cel mai ieftin dintre toate aceste produse este sulful. Aplicat în sol, el se transformă în acid sulfuric sub influența unor bacterii din sol (*Thiobacillus*). O tonă de sulf este echivalentă cu 3 t de acid sulfuric sau cu 6,9 t de sulfat de aluminiu. Dozele recomandate de 3-5 t/ha de sulf, în îmbinare cu irigarea se transformă lent, timp de 2-4 ani, în acid sulfuric [19].

Ploile acide de asemenea pot acidula solurile. Ele se formează la interacțiunea unor gaze din aer (SO_2 , NO_2 , HCl) cu apa precipitațiilor atmosferice, în urma cărora se formează acizii H_2SO_4 , HSO_3 , HNO_3 , HCl . Apa acidulată modifică nu numai reacția solului, dar duce la pieirea peștilor din lacuri, reduce fertilitatea solului, usucă pădurile și livezile. Ploile acide sunt caracteristice țărilor cu industrie dezvoltată: în unele regiuni industriale ale Germaniei, pH-ul solului a scăzut cu cca 2 unități [20].

De menționat că nu este recomandată utilizarea acidului sulfuric din bateriile auto [21], întrucât în el se conțin cantități mari de plumb.

Acidul citric, după puterea de a dizolva fosfații de calciu, este similar cu acizii care se elimină de către rădăcinile plantelor în sol. Din această cauză mulți savanți utilizează acidul citric la extragerea fosforului mobil din sol pentru a determina cantitatea lui [22].

Alți cercetători, pentru a scădea pH-ul solului, recomandă de aplicat în afară de sulful elementar și acidul sulfuric, sulfatul de aluminiu, sulfatul de fier [19].

Dizolvarea fosfaților din sol se produce și sub acțiunea dioxidului de carbon. Interacționând cu apa din sol, CO_2 formează acidul carbonic (H_2CO_3) – un acid slab, dar care poate în timp schimba reacția soluției solului. Încă în anul 1931, W. T. Mc. George și J. F. Breazeale [23] au recomandat irigarea solurilor alcaline cu apă saturată cu CO_2 . Actualmente aceste recomandări se utilizează cu succes în Ucraina, la cultivarea ardeiului dulce și a vinetelor, în condiții asemănătoare cu ale noastre [24]. Pentru a spori solubilitatea fosfaților din solurile carbonatice, în soluția solului trebuie să se conțină o astfel de cantitate de CO_2 , încât pH-ul soluției să constituie 6,2-6,4. Excesul de CO_2 din sol ucide fermenții din rădăcinile plantelor și stopează absorbția fosforului din sol.

F. Alte surse de fosfor obținute din activitatea umană

Pentru majoritatea țărilor ce nu dispun de zăcăminte fosfatice, principala sursă de fosfor în viitor va fi extragerea lui din diferite deșeuri. Majoritatea detergentilor conțin compuși cu fosfor, prin urmare, apele reziduale de la spălarea hainelor, vaselor, autoturismelor trebuie mai întâi curățate de acest element. Unele produse pentru dedurizarea apei sunt polifosfații, care rețin diferite elemente ca Fe, Al, Ca, Mg, formând fosfații corespunzători [24, 25].

Reiterăm: cu toate că rezervele de fosfor în solurile Republicii Moldova, sunt relativ mari, aproape tot fosforul este inaccesibil plantelor. Numai unele culturi ca lupinul, muștarul, hrișca pot dizolva ușor și folosi rațional acest element din sol. Varza, ovăzul, secara, triticale, culturile leguminoase îl dizolvă mult mai slab, dar mobilizează parțial fosforul solului. Toate deșeurile ce conțin fosfor (deșeurile zootehnice, apele uzate orășenești, resturile alimentare) de asemenea pot fi utilizate ca îngrășăminte fosforice pentru plante. Aplicarea îngrășămintelor bacteriene pe bază de ciuperci sau alte microorganisme până în prezent a dovedit un efect slab. În cazul folosirii fosforului numai din rezervele solului, bilanțul lui va fi negativ temporar, până se va găsi o sursă alternativă a acestui element.

Pentru creșterea mobilității fosforului se practică aplicarea în sol a unor acizi, a sulfului, a apei saturate cu CO_2 , a îngrășămintelor fiziologic acide, a unor deșeuri zootehnice și industriale cu reacție acidă [26]. Procesul de acidulare a solului este de lungă durată, implică administrarea unor doze înalte, dar deschide posibilități mari pentru a folosi rezervele de fosfor din solurile autohtone fără a aplica îngrășăminte fosforice. Dacă pe solurile acide se practică corectarea reacției prin aplicarea calcarului, de ce nu am practica și corectarea reacției solurilor alcaline sau neutre pentru a mobiliza rezervele de fosfor din sol?

CONCLUZII

Criza fosforului în agricultura majorității țărilor se va agrava, prețul la fertilizanții cu fosfor în viitorul apropiat va crește, iar starea financiară a fermierilor se va înrăutăți.

Pentru țările ce nu dispun de fosforite sau apatite, principala sursă de fosfor sunt îngrășămintele organice locale. Împreună cu fosforul eliminat din apele reziduale orașenești, din alte deșeuri provenite din activitatea umană, el ar putea îndeplini necesitățile agriculturii în proporție de 20-25%.

În Republica Moldova solurile conțin mari rezerve de fosfați, 7-17 t/ha în stratul de 1 m. Mobilizarea fosforului poate fi efectuată prin creșterea culturilor cu capacitate înaltă de solubilizare, acidularea solurilor, aplicarea sulfului și a îngrășămintelor bacteriene.

Implicarea specialiștilor din domeniul biologiei moleculare pentru crearea unor noi forme de plante genetic modificate, cu proprietăți deosebite în solubilizarea fosfaților din sol, ar fi probabil cea mai rapidă și cea mai ieftină cale în rezolvarea problemei utilizării fosforului din agricultura autohtonă.

BIBLIOGRAFIE

- Fosforul și provocările sale (2017), <http://www.observerbn.ro/2017/02/01/fosforul-si-provocarile-sale/> (vizitat 01.02.2017)
- Davidescu, D., Davidescu, V. (1992.) *Agrochimia horticolă*. București: Editura Academiei Române. 547 p.
- Lixandru Gh., Caramete C., Hera Cr., Martin N., Borlan Z., Calancea L., Lăcătușu R. *Agrochimie*. Timișoara: Helicon, 2000. 311 p.
- Aleynov D. *Tayny gollandskikh poley. V: Khimiya i biznes*, 2007, № 2, http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=322 (vizitat 01.09.2018).
- Mirovoy rynek zerna, osnovnye proizvoditeli i potrebiteli. *Spravka* <http://www.ria.ru/economy/20090519/171568829.html>, (19.05.2009) (vizitat 1.09.2018).
- Fosfornyy pik – odna iz glavnykh problem sel'skogo khozyaystva v budushchem, <http://www.fertilizerdaily.ru/20170321-fosfornyj-pik-odna-iz-glavnyx-problem-selskogo-xozyajstva-v-budushhem/> (vizitat 01.09.2018)
- Anuarul statistic al Republicii Moldova, 2017. 486 p.
- Zagorcha K. L. *Optimizatsiya sistemy udobreniya v polevykh sevooborotakh*. Kishinev: Shtiintsa, 1990. 288 s.
- Krupenikov I. A. *Chernozemy Moldavii*. Kishineu: Karta moldovenyaske, 1967. 427 s.
- Lichinki domashney mukhi i biofermentatsiya. *Vygodnaya utilizatsiya. Agrotehnika i tekhnologii*, 2009, <http://www.agroinvestor.ru/technologies/article/14929-vygodnaya-utilizatsiya/>
- Fecaliniye udobrenia (2011), <http://udobrenie.pocv.ru/fecalniye-udobrenia/> (vizitat 01.09.2018)
- Kurlovicha T. V. (2012). *Vereskovyy sad v landshaftnom dizayne*. Brusnika, golubika, klyukva, chernika. Izdatel'stvo: Kladez'-Buks, 57 s.
- Klimashevskiy E.L. *Geneticheskiy aspekt mineral'nogo pitaniya rasteniy*. M.: Agropromizdat, 1991. 414 s.
- Kotelev V. V. *Pol' mikroorganizmov v razlozhenii organicheskikh fosfatov i peredvizhenii fosfora v pochve: avtoreferat dis. doktora biologicheskikh nauk/ [Mesto zashchity: Institut mikrobiologii Akademii Nauk SSSR]*. Moskva, 1964. 30 s.
- Novikova A. T. *Usloviya effektivnogo primeneniya fosforobakterina na chernozemakh Kustanayskoy oblasti tselinnogo kraya: avtoreferat dis. kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk [Ulyanovskiy sel'skokhozyaystvennyy institut]*, 1964. 22 s.
- Muhammad I. R., Liyakat H. M., Tanvir S., Talal A., Iqbal M., Mohammad O. *Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils*. *Microbiological Research*, Volume 183, February 2016, p. 26-41.
- Skuratov N. S. *K probleme povysheniya plodorodiya oroshaemykh zemel'*. In: N. S. Skuratov. *Melioratsiya solontsovykh i zasolennykh zemel' Severnogo Kavkaza: sb. nauch. tr. GU «YuzhNIIGiM»*, Novocherkassk, 1981, c. 3-6.
- Komarov A. A. *Rol' gidroliznogo lignina v plodorodii pochv i pitanii rasteniy. Tema dissertatsii i avtoreferata po VAK 06.01.03, doktor sel'skokhozyaystvennykh nauk, Sankt-Peterburg*, 2004. 21 s.
- Follet R. H. *Fertilizers and soil amendments*. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs / R. H. Follet, L. S. Murphy, R. L. Donahue. USA: New Jersey, 1981. 557 p. 61.
- Problemy i prichiny kislotnykh dozhdey, <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/kislotnye-dozhdi.html>
- Vred akkumuljatorov i batarej dlja zdorov'ja, <http://www.nature-time.ru/2014/07vred-akkumuleatorov-i-batareek-dlya-zdorovya/> 09.07.2014 (vizitat 01.09.2018)
- Arinushkina E.V. *Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv*. Moskva, 1970, 488 s.
- George W. T. Mc and Breazeale J. F. (1931). *The relation of phosphate availability, soil permeability, and carbon dioxide to the fertility of calcareous soils*. *Technical Bulletin*, No 36, november 1, p. 361-412, <http://krishikosh.egrnath.ac.in/bitstream/1/2050371/1/IARIHDD%2065-00265.pdf> (vizitat 05.09.2018).
- Bogosor'yanskaya L. V., Saldaev, G. A. Zvolinskiy, V. P. Saldaev, A. M. *Sposob vozdeleyvaniya pertsy sladkogo, preimushchestvenno v sisteme kapel'nogo orosheniya*. Patent RU 2415534.
- Lymar A. O., Lymar V. I., Zharinov V. I., Shabunin I. M. (2005), (UA). *Sposob vyrashchivaniya pertsy sladkogo i baklazhanov bezrassadnym sposobom pri kapel'nom oroshenii na legkikh supeschanykh pochvakh*. *Zayavka № 20040706260; zayavleno 27.07.2004; opubl. 15.07.2005; Byul. №7, Promyshlennaya sobstvennost' - №7*.
- Kuzina O. I. *Metody defosfatatsii stochnykh vod*, <http://sibac.info/14869> (vizitat 05.09.2018).