

## Influența îngrășămintelor lichide pe bază de humați extrași din lignit asupra solului și a producției de lucernă cultivată pe halda Balta Unchiașului, județul Gorj

Augustina Delia Urîtescu Cărăbiș<sup>1</sup>, Lavinia Burtan<sup>2</sup>, Mihail Dumitru<sup>2</sup>, Traian Cioroianu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Complexul Energetic Oltenia, Județul Gorj

<sup>2</sup> Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului – ICPA București

Autor corespondent: [lavinia.burtan@icpa.ro](mailto:lavinia.burtan@icpa.ro)

### Rezumat

Exploatarea miniere produce modificări profunde ale factorilor de mediu. Cele mai importante schimbări pentru locuitorii zonelor cu rezerve de lignit și exploatarea miniere constau în distrugerea localităților, a căilor de comunicație, a terenurilor agricole și forestiere, a rezervelor de apă potabilă, în schimbarea cursului râurilor, reducerea biodiversității, poluarea aerului, surse de zgomot, distrugerea siturilor istorice, modificări de microclimat etc. În bazinul minier Oltenia au fost scoase din circuitul economic 14.890 ha, din care 12.208 ha terenuri agricole și 2.682 ha terenuri forestiere. Din acestea au fost readuse în circuitul economic numai 1.002 ha, din care 552 ha teren agricol și 450 ha teren silvic. Deci mari suprafețe trebuiesc recultivate. Pentru efectuarea în câmp a experimentărilor de recultivare a haldelor de steril pe un tip de sol tehnosol spolic (entiantrosol spolic) au fost utilizați patru fertilizanți conținând substanțe humice, fiecare aplicându-se în două concentrații: 100 l/ha și 150 l/ha. Fertilizanzii experimentali aplicați în experiență au fost AH-I, AH-U, AH-N, KH.

Urmărind influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humați asupra producției de lucernă în primul an de experimentare s-a constatat că cea mai mare producție s-a obținut în varianta fertilizată cu 150 l/ha AH-I, cu 164,6% mai mult decât în varianta nefertilizată. Aplicarea unei doze de 100 l/ha îngrășământ lichid AH-I, a condus la un plus semnificativ de producție față de martorul nefertilizat, sporul de producție fiind de 132,3%.

**Cuvinte cheie:** îngrășăminte lichide, reconstrucție ecologică, lucernă

### Introducere

Refacerea ecologică și productivă a terenurilor degradate prin activități miniere reprezintă o prioritate majoră în contextul dezvoltării durabile și al conservării resurselor pedologice. Haldele de steril provenite din exploatarea de lignit, precum Halda Balta Unchiașului din județul Gorj, se caracterizează printr-un conținut redus de materie organică, structură deficitară, capacitate scăzută de retenție a apei și dezechilibre nutriționale, ceea ce limitează instalarea și dezvoltarea vegetației (Florea și Munteanu, 2012; Blaga și colab., 2005). Activitățile miniere prin toate etapele tehnologice de exploatare a cărbunelui: excavare, transport, curățire, haldare, afectează sever starea de echilibru a mediului. Acestea determină o poluare fizică, chimică și biologică a solurilor și a apelor de suprafață (Dudka și colab., 1997; Goodarzi și colab., 2002; Carlsson și colab., 2003; Ashley și colab., 2004; Lin și colab., 2005; Reimann și colab., 2005).

Industria este unul dintre factorii majori care contribuie la degradarea mediului afectând 33% din totalul apelor de suprafață, 62% din totalul poluării atmosferei și 45% din poluarea solului (Smith, 1991).

În țara noastră peste 30% din totalul energiei electrice este produsă de termocentralele pe cărbune, acestea fiind de obicei localizate în jurul marilor bazine miniere, dar și în zona marilor aglomerări urbane puternic industrializate. Emisiile industriale care determină poluarea solurilor în

județul Gorj, sunt produse de industria energetică reprezentată de cele două termocentrale, Rovinari și Turceni, și de industria materialelor de construcții reprezentată de fabrica de ciment de la Bârsești. Emisiile industriale sunt prezente sub formă de pulberi și gaze și afectează circa 60.000 ha. Reducerea efectului poluant al emisiilor industriale se poate realiza prin respectarea de către agenții economici a normelor de protecție a mediului (Carigoiu, 2005). Activitatea de extragere a lignitului din bazinul minier al Olteniei a început în anul 1957, extrăgându-se până în 2006 o cantitate de 903.638,9 mii tone. Această cantitate s-a extras din 74 de perimetre miniere din care 54 și-au sistat activitatea, iar 20 au rămas în funcțiune. În perimetrele miniere concesionate de SNLO rezervele de lignit energetic sunt de 260 milioane tone lignit energetic, teritorial administrativ fiind repartizate astfel: Gorj – 78%, Mehedinți – 12%, Vâlcea – 10%. Capacitatea de producție este de 18 mil.t/an lignit energetic, din care 92% în exploatarea miniere la zi și 8% în subteran. Excavarea se realizează în flux continuu cu excavatoare cu rotor din gama SRs 1300, SRs 1400, SRs 2000 (43 bucăți) pe trepte de lucru cu înălțimi de 25-30 m. Transportul materialului excavat se realizează cu transportoare cu bandă (144 km), cu o lățime cuprinsă între 1.000 și 2.250 mm, viteza maximă 6,15 m/s, iar capacitatea de transport atinge 12.500 m<sup>3</sup>/h. Haldarea materialului steril se face cu instalații cu haldare (25 buc) cu debite cuprinse între 2.500 și 12.500 m<sup>3</sup>/h, lungimea brațului de deversare fiind cuprinsă între 60 și 170 m. Lignitul are puterea calorică de 1,65-1,95 Gcal/t, umiditate 42%, cenușă 36,5% și conținut de sulf 1-1,5 %. Lignitul asigură 36,3% din necesarul de energie electrică (Davidoiu și colab., 2008). Dumitru și colab. (1999) preciza că pentru exploatarea unui milion de tone de cărbune se degradează 2,6-43 hectare, pentru minereuri de fier 14-640 hectare, pentru mangan 76-600 hectare, la argile refractare 480-940 hectare, iar la fosforite 22-77 hectare teren agricol. În Ungaria, suprafața productivă a agriculturii s-a micșorat în ultimii 30 de ani cu 10% și acest proces continuă. În 1995, Ministerul Agriculturii din Ungaria declara că ar trebui recultivate toate terenurile degradate existente, adică aproximativ 300.000 ha. În Bulgaria principalul bazin carbonifer este Marița de Vest, iar exploatarea a început cu 35-40 de ani în urmă. În acest bazin carbonifer au fost deschise până în prezent cariere pe o suprafață de 300 km<sup>2</sup>.

În Cehia și Slovacia exploatarea minieră la zi a început în urmă cu 150 de ani, iar în ultimii 30-35 de ani au fost scoase din circuitul agricol și silvic aproximativ 7.000 ha anual. În Germania există în jur de 400.000 ha terenuri afectate de exploatarea miniere la zi și se consideră că până în prezent 60% din întreaga suprafață a fost reamenajată și recultivată (Dumitru și colab., 1999). Suprafețele de terenuri distruse depind atât de dimensiunea carierei cât și de volumul de cărbune și steril extras. Boute (1995) arăta că aceste suprafețe variază de la 500 ha pentru o producție anuală de 2-5 milioane tone cărbune și 10-20 milioane m<sup>3</sup> steril, până la 3000 ha pentru o producție anuală de 25-40 milioane tone cărbune și 80-120 milioane m<sup>3</sup> steril. Reiss (2003) spunea că doar în bazinul minier Oltenia au fost distruse mai mult de 14.890 ha din care 12.208 ha terenuri agricole și 2.682 ha terenuri forestiere. În urma exploatărilor miniere structura litologică a terenurilor este puternic modificată pe adâncimi ce variază de la 2-3 m la 150-200 m adâncime. Căpitanu și colab. (1999) precizau că reconstrucția ecologică a acestor terenuri prin recultivarea biologică (agricolă sau silvică) se realizează cu mare dificultate datorită costurilor uriașe și va continua să fie una dintre marile probleme ecologice ale țării noastre.

În județul Gorj exploatarea miniere de lignit au generat suprafețe extinse de terenuri degradate, necesitând intervenții tehnologice pentru reintegrarea acestora în circuitul agricol sau ecologic. Utilizarea îngrășămintelor lichide pe bază de humați extrași chiar din lignit reprezintă o soluție sustenabilă, valorificând o resursă locală și contribuind la economia circulară (Popescu și colab., 2018). Studiarea influenței acestor produse asupra solului și asupra producției de lucernă cultivată pe Halda Balta Unchiașului este esențială pentru fundamentarea unor tehnologii eficiente de ameliorare și fertilizare. Lucerna (*Medicago sativa* L.) este o specie furajeră perenă deosebit de valoroasă, recunoscută pentru capacitatea sa de fixare biologică a azotului atmosferic prin

simbioza cu bacteriile din genul *Rhizobium*, contribuind astfel la îmbogățirea naturală a solului în azot (Frame, 2005). Datorită sistemului radicular profund și bine dezvoltat, lucerna este utilizată frecvent în lucrările de ameliorare a solurilor degradate, inclusiv pe terenuri afectate de activități miniere (Carlsson și colab., 2003). Așadar, această cultură prezintă o bună adaptabilitate la condiții pedoclimatice variate, însă productivitatea sa este direct influențată de fertilitatea solului dar și de disponibilitatea elementelor nutritive. Substanțele humice, în special acizii humici și fulvici extrași din lignit, au capacitatea de a îmbunătăți structura solului, de a stimula activitatea microbiologică și de a crește disponibilitatea elementelor nutritive pentru plante (Stevenson, 1994; Canellas și colab., 2014). Îngrășămintele lichide pe bază de humați prezintă avantajul unei aplicări uniforme și al unei absorbții rapide, contribuind la intensificarea proceselor metabolice și la dezvoltarea sistemului radicular (Chen și colab., 2004).

În cazul solurilor antropice sau slab evaluate, cum sunt cele formate pe haldele miniere, aplicarea acestor produse poate accelera procesul de formare a orizontului humifer și stabilizarea structurii agregatelor (Tămaș și Borza, 2015). În acest context, obiectivul lucrării îl constituie evaluarea efectelor aplicării îngrășămintelor lichide pe bază de humați extrași din lignit asupra proprietăților agrochimice ale solului și asupra nivelului producției de lucernă, în condițiile Haldei Balta Unchiașului, județul Gorj.

## Material și metodă

Pe halda de steril Balta Unchiașului copertată cu sol fertil a fost organizată o experiență cu îngrășămintă lichide pe bază de humați extrași din lignit la cultura de lucernă, care a cuprins efectuarea a 5 tratamente cu fertilizanți lichizi, în 2 ani de experimentare. În primul an experimental au fost aplicate 3 tratamente cu fertilizanți lichizi pe bază de humați: AH-I, AH-U, AH-N și KH în cantitate de 100 l și 150 l fertilizant/ha în 450-500 l apă. Primul tratament din anul I de experimentare a fost efectuat imediat după semănatul culturii de lucernă. La 90 de zile de la aplicarea primului tratament au fost recoltate probe de plantă (frunze) și a fost cosită lucerna (coasa I). Al doilea tratament cu îngrășămintă lichide a fost efectuat la 7 zile după prima coasă. La 40 de zile de la efectuarea celui de-al doilea tratament cu îngrășămintă lichide s-a efectuat coasa a II-a la cultura de lucernă și au fost recoltate probe de plantă. Al treilea tratament, din primul an de experimentare, cu îngrășămintă lichide pe bază de humați, a fost efectuat la 7 zile după cea de-a doua coasă a culturii de lucernă. În cel de al doilea an de experimentare tratamentele cu îngrășămintă lichide la cultura de lucernă s-au aplicat pe cultura înființată în primul an experimental. Înainte de începerea tratamentelor din anul al doilea de experimentare au fost recoltate probe de sol din fiecare repetiție din cadrul culturii. La 60 de zile după recoltarea probelor de sol a fost cosită lucerna și cântărită pe fiecare repetiție din variantă. După prima coasă la cultura de lucernă nu s-au aplicat tratamentele cu îngrășămintele lichide pe repetiții, datorită precipitațiilor din perioada respectivă.

La 20 de zile de la prima coasă a fost efectuată a doua coasă la cultura de lucernă. Producția a fost cântărită pe fiecare repetiție din variantă. La 7 zile de la a doua coasă a fost aplicat primul tratament din cel de-al doilea an experimental.

La 30 de zile de la aplicarea primului tratament au fost recoltate probe de plante de lucernă și a fost efectuată a treia coasă la lucernă. Lucerna a fost cântărită pe fiecare repetiție din cadrul culturii experimentale. La 7 zile după cea de a treia coasă a fost aplicat al doilea tratament cu îngrășămintă lichide din cadrul celui de-al doilea an experimental. La 30 zile de la aplicarea celui de al doilea tratament au fost recoltate probe de sol din fiecare repetiție din cadrul culturii.

Schema experimentală:

- V1 - Martor (Nefertilizat);
- V2 – fertilizat AH-I – 100 l/ha;
- V3 - fertilizat AH-I – 150 l/ha;
- V4 - fertilizat AH-U – 100 l/ha;
- V5 - fertilizat AH-U – 150 l/ha;
- V6 - fertilizat AH-N – 100 l/ha;
- V7 - fertilizat AH-N – 150 l/ha;
- V8 - fertilizat KH – 100 l/ha;
- V9 - fertilizat KH – 150 l/ha.

Pentru efectuarea în câmp a experimentărilor de recultivare a haldelor de steril pe un tip de sol tehnosol spolic (entiantrosol spolic) conform obiectivului propus au fost utilizați patru fertilizanți conținând substanțe humice, fiecare aplicându-se în două concentrații: 100 l/ha și 150 l/ha. Fertilizanzii experimentali aplicați în experiență au fost AH-I, AH-U, AH-N, KH, cu următoarea compoziție (tabelul 1.1.):

**Tabelul 1.1.** Compoziția fertilizantului de tip „AH” (Cioroianu și colab., 2009).

| Compoziție                              | FERTILIZANȚI "AH" |              |              |          |
|---|-------------------|--------------|--------------|----------|
|   | AH - I (g/l)      | AH - U (g/l) | AH - N (g/l) | KH (g/l) |
| Acizi humici                            | 20,5              | 20,5         | 15,5         | 9,35     |
| Azot total (N)                          | 90                | 55           | 165          | 0,77     |
| Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 35                | 50           | 30           | 1,73     |
| Potasiu (K <sub>2</sub> O)              | 35                | 50           | 30           | 7,72     |
| Bor                                     | 0,2               | 0,15         | 0,18         | 0,252    |
| Cobalt                                  | 0,005             | 0,005        | -            | -        |
| Cupru                                   | 0,1               | 0,15         | 0,2          | 0,2      |
| Fier                                    | 0,25              | 0,3          | 0,4          | 0,2      |
| Magneziu                                | 0,1               | 0,15         | 0,4          | 0,263    |
| Mangan                                  | 0,15              | 0,2          | 0,4          | 0,15     |
| Molibden                                | 0,005             | 0,005        | -            | -        |
| SO <sub>3</sub>                         | 0,5               | 0,5          | 15           | 3,58     |
| Zinc                                    | 0,1               | 0,15         | 0,2          | 0,192    |
| EDTA                                    | 2,8               | 2,8          | 8,5          | -        |
| Total s.a                               | 184,71            | 179,91       | 265,78       | 24,407   |

Analizele de laborator au fost efectuate pentru determinarea pH-ului solului, a conținutului de materie organică și a disponibilității elementelor nutritive, conform Metodologiei de lucru a ICPA București.

Rezultatele analizelor probelor de sol recoltate din teren au fost prelucrate cu ajutorul testului Fischer prin care s-au stabilit semnificațiile care reprezintă modificările produse de efectul tratamentelor aplicate.

Metoda analizei de varianță a fost aplicată pentru modelele monofactoriale.

Valorile medii ale unei caracteristici de sol, corespunzătoare graduărilor factorului studiat în experimentări, au fost comparate între ele utilizând testul Student. Valorile medii ale unei caracteristici de sol, corespunzătoare graduărilor factorului studiat în experimentări, au fost comparate între ele utilizând testul Tukey. Diferențele limită utilizate pentru folosirea metodei de comparație multiplă au fost determinate pentru pragul de semnificație  $\alpha = 0,05$ .

## Rezultate și discuții

### Caracteristicile haldei pe care s-a amplasat experiența cu lucernă

Reacția haldei de steril pe care a fost amplasată cultura de lucernă este slab alcalină, pH-ul variind între 7,54 și 7,69. Conținutul de azot total al solului variază între 0,140 și 0,190%, având un grad mijlociu de aprovizionare. Lucerna are cerințe ridicate față de sol, cele mai potrivite fiind solurile profunde, permeabile, fertile, cu textură mijlocie, cu reacție alcalină (Budoii și colab, 1981). Conținutul de fosfor mobil al solului a variat între 44 și 69 mg/kg, apreciindu-se un grad mare de aprovizionare (în stratul de copertă) așa cum este cazul și pentru celelalte elemente nutritive.

**Tabelul 1.2.** Caracteristicile haldei pe care s-a amplasat experiența cu lucernă (Cărăbiș și colab., 2017)

| Sistemul de fertilizare | pH    | N total (%) | P <sub>AL</sub> (mg/kg) | K <sub>AL</sub> (mg/kg) |
|-------------------------|-------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| Nefertilizat            | 7,55  | 0,17        | 51                      | 152                     |
| AH-I – 100 l/ha         | 7,54  | 0,17        | 64                      | 140                     |
| AH-I – 150 l/ha         | 7,61  | 0,16        | 69                      | 159                     |
| AH-U – 100 l/ha         | 7,61  | 0,19        | 62                      | 153                     |
| AH-U – 150 l/ha         | 7,66  | 0,16        | 44                      | 158                     |
| AH-N – 100 l/ha         | 7,66  | 0,17        | 52                      | 161                     |
| AH-N – 150 l/ha         | 7,66  | 0,18        | 55                      | 148                     |
| KH – 100 l/ha           | 7,69  | 0,14        | 46                      | 114                     |
| KH – 150 l/ha           | 7,69  | 0,17        | 55                      | 125                     |
| DL 5%                   | 0,008 | 0,03        | 4                       | 8                       |
| DL 1%                   | 0,011 | 0,04        | 6                       | 11                      |
| DL 0,1%                 | 0,015 | 0,06        | 8                       | 15                      |

### Influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humați asupra producției de lucernă în primul an experimental

#### La coasa a-I-a

Cea mai mare producție s-a obținut în varianta fertilizată cu 150 l/ha AH-I, în care s-a obținut o producție de 35.656 kg/ha masă verde, cu 164,6% mai mult decât în varianta nefertilizată. Aplicarea unei doze de 100 l/ha îngrășământ lichid AH-I a condus la un plus semnificativ de producție față de martorul nefertilizat, sporul de producție fiind de 132,3%. Fertilizarea cu AH-U în doze de 100 și 150 l/ha a condus la sporuri asigurate statistic de producție (131,9% și 135,1%) față de variantele nefertilizate.

#### La coasa a-II-a

Îngrășământul lichid AH-I aplicat în doză de 100 l/ha a asigurat un spor de producție de numai 15%, neasigurat statistic față de varianta nefertilizată, iar prin aplicarea a 150 l/ha s-a obținut un spor de producție de 126,7%, spor semnificativ mai mare față de martorul nefertilizat (tabelul 1.3.). Fertilizarea cu 100 și 150 l/ha îngrășământ lichid KH a condus la sporuri semnificative (128,1 %) și foarte semnificative (146,3 %) față de martorul nefertilizat.

Conținutul de fosfor al plantelor de lucernă a oscilat între 0,19 și 0,25%, valori care se înscriu în domeniile de concentrație deficitar (sub 0,19%) și scăzut (0,20-0,25%) (Răuță și Chiriac, 1980). Sistemul de fertilizare nu a condus la modificări statistic semnificative ale conținutului de fosfor al plantelor, absorbția ionilor  $H_2PO_4^-$  și  $HPO_4^{2-}$  în rădăcini și vehicularea lor în plante sunt procese active, dependente de desfășurarea metabolismului.

**Tabelul 1.3.** Influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humați asupra producției de lucernă (Cărăbiș și colab., 2017)

| Sistemul de fertilizare | Producția la lucernă Coasa I | Producția % | Producția la lucernă Coasa II | Producția % |
|-------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Nefertilizat            | 21.656                       | 100         | 16.000                        | 100         |
| AH-I – 100 l/ha         | 35.656                       | 164,6       | 18.469                        | 115,4       |
| AH-I – 150 l/ha         | 28.656                       | 132,3       | 20.281                        | 126,7       |
| AH-U – 100 l/ha         | 28.563                       | 131,8       | 19.656                        | 122,8       |
| AH-U – 150 l/ha         | 29.250                       | 135,06      | 16.906                        | 105,6       |
| AH-N – 100 l/ha         | 26.750                       | 123,5       | 19.763                        | 123,5       |
| AH-N – 150 l/ha         | 29.500                       | 136,2       | 24.563                        | 153,5       |
| KH – 100 l/ha           | 34.813                       | 160,7       | 20.500                        | 128,1       |
| KH – 150 l/ha           | 31.594                       | 145,8       | 23.406                        | 146,2       |
| DL 5%                   | 6.490                        |             | 3.594                         |             |
| DL 1%                   | 8.821                        |             | 4.885                         |             |
| DL 0,1%                 | 11.814                       |             | 6.543                         |             |

Sortimentul și dozele de îngrășăminte lichide pe bază de humați obținuți din lignit utilizate în experiență nu au condus la modificări statistic semnificative a conținutului frunzelor de lucernă în potasiu. Conținuturile de calciu, magneziu și zinc sunt considerate normale. Indiferent de tipul de îngrășământ și de doza testată conținutul de cupru al frunzelor de lucernă a avut valori de 8-9 mg/kg, fiind apreciat ca un nivel scăzut. Nu a fost modificat semnificativ conținutul de zinc al frunzelor de lucernă, valorile acestuia încadrându-se în intervalul 17-20 mg/kg, nivel considerat ca fiind normal. Valorile manganului în frunzele de lucernă au oscilat între 20 și 25mg/kg, nivel apreciat ca fiind scăzut.

În tabelul 1.5. sunt prezentate datele care reflectă conținutul frunzelor de lucernă coasa a-II-a în unele macro și mezoelemente sub influența diverselor tipuri de îngrășăminte lichide pe bază de humați extrași din lignit, scoțând în evidență următoarele: conținutul de fosfor al frunzelor de lucernă a variat între 0,23 și 0,28%, fiind apreciat ca scăzut (0,20-0,35%), nivelul cel mai ridicat s-a observat în variantele fertilizate cu 150 l/ha KH. Celelalte tipuri de îngrășăminte nu au produs modificări statistic semnificative ale nivelului fosforului în frunzele de lucernă. Valorile potasiului au variat între 2,19 și 2,56%, fiind apreciate ca aparținând domeniului slab – normal de concentrație. Conținutul de calciu al frunzelor de lucernă a oscilat între 1,72 și 1,86%, valori apreciate ca fiind normale. Conținutul de magneziu a oscilat între 0,33 și 0,38%, fiind apreciat ca normal.

**Tabelul 1.4.** Influența tratamentelor cu îngrășăminte lichide pe bază de humați extrași din lignit asupra conținutului plantelor de lucernă coasa I-a în unele macro, mezo și micro elemente (Cărăbiș și colab., 2017)

| Sistemul de fertilizare | Fosfor (%) | Potasiu (%) | Calciu (%) | Magneziu (%) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) |
|-------------------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| Nefertilizat            | 0,19       | 2,82        | 1,69       | 0,30         | 9          | 19         | 230        | 25         |
| AH-I – 100 l/ha         | 0,19       | 2,78        | 1,22       | 0,27         | 8          | 19         | 188        | 21         |
| AH-I – 150 l/ha         | 0,19       | 2,54        | 1,44       | 0,29         | 8          | 19         | 210        | 24         |
| AH-U – 100 l/ha         | 0,21       | 2,76        | 1,33       | 0,26         | 8          | 19         | 204        | 22         |
| AH-U – 150 l/ha         | 0,22       | 2,88        | 1,26       | 0,27         | 8          | 18         | 223        | 24         |
| AH-N – 100 l/ha         | 0,20       | 2,60        | 1,25       | 0,29         | 8          | 19         | 178        | 21         |
| AH-N – 150 l/ha         | 0,20       | 2,15        | 1,44       | 0,28         | 8          | 17         | 207        | 21         |
| KH – 100 l/ha           | 0,21       | 2,36        | 1,65       | 0,32         | 9          | 19         | 210        | 22         |
| KH – 150 l/ha           | 0,25       | 3,07        | 1,26       | 0,29         | 9          | 20         | 203        | 20         |
| DL 5%                   | 0,05       | 0,58        | 0,46       | 0,06         | 2          | 3          | 33         | 5          |
| DL 1%                   | 0,07       | 0,8         | 0,63       | 0,08         | 3          | 4          | 45         | 7          |
| DL 0,1%                 | 0,09       | 1,07        | 0,85       | 0,11         | 4          | 5          | 61         | 10         |

**Tabelul 1.5.** Conținutul frunzelor de lucernă coasa a-II-a în unele macro și mezoelemente sub influența diverselor tipuri de îngrășăminte lichide pe bază de humăți extrași din lignit (Cărăbiș și colab., 2017)

| Sistemul de fertilizare | Fosfor (%) | Potasiu (%) | Calciu (%) | Magneziu (%) |
|-------------------------|------------|-------------|------------|--------------|
| Nefertilizat            | 0,24       | 2,35        | 1,74       | 0,35         |
| AH-I – 100 l/ha         | 0,24       | 2,39        | 1,86       | 0,36         |
| AH-I – 150 l/ha         | 0,23       | 2,41        | 1,79       | 0,34         |
| AH-U – 100 l/ha         | 0,24       | 2,56        | 1,77       | 0,33         |
| AH-U – 150 l/ha         | 0,25       | 2,30        | 1,79       | 0,34         |
| AH-N – 100 l/ha         | 0,24       | 2,43        | 1,82       | 0,36         |
| AH-N – 150 l/ha         | 0,26       | 2,19        | 1,8        | 0,38         |
| KH – 100 l/ha           | 0,24       | 2,26        | 1,72       | 0,35         |
| KH – 150 l/ha           | 0,28       | 2,40        | 1,82       | 0,36         |
| DL 5%                   | 0,03       | 0,33        | 0,19       | 0,07         |
| DL 1%                   | 0,05       | 0,45        | 0,26       | 0,09         |
| DL 0,1%                 | 0,08       | 0,6         | 0,35       | 0,13         |

## 2. Influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humăți asupra producției de lucernă în anul doi de experimentare

La coasa I-a

Cea mai mică producție s-a obținut în parcelele nefertilizate, iar cea mai mare în urma fertilizării cu 150 l/ha îngrășământ lichid AH-I, care a asigurat un spor de producție de 126,3%, doza de 100 l/ha AH-I a condus la obținerea unui spor de producție de 120,6%, spor semnificativ mai mare decât producția obținută în parcelele nefertilizate. O creștere a producției cu 109,2%, neasigurată statistic față de nefertilizat, s-a obținut și în cazul fertilizării cu îngrășământul lichid KH (tabelul 1.6.). Creșterea dozei de îngrășământ la 150 l/ha a condus la obținerea unui spor de producție de 119,3%, semnificativ mai mare decât nivelul producției obținut în variantele nefertilizate. Cele mai bune rezultate s-au obținut în urma fertilizării cu AH-I.

**Tabelul 1.6.** Influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humăți asupra producției de lucernă în anul doi de experimentare (Cărăbiș și colab., 2017)

| Sistemul de fertilizare | Coasa I (kg/ha) | Producția % | Coasa a II-a (kg/ha) | Producția % | Coasa a III-a (kg/ha) | Producția % |
|-------------------------|-----------------|-------------|----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| Nefertilizat            | 26250           | 100         | 16031                | 100         | 6250                  | 100         |
| AH-I – 100 l/ha         | 31656           | 120,5       | 20750                | 129,4       | 9250                  | 148         |
| AH-I – 150 l/ha         | 32156           | 122,4       | 28906                | 180,3       | 12000                 | 192         |
| AH-U – 100 l/ha         | 29000           | 110,4       | 21500                | 134,1       | 10250                 | 164         |
| AH-U – 150 l/ha         | 31500           | 120         | 23563                | 146,9       | 10500                 | 168         |
| AH-N – 100 l/ha         | 30250           | 115,2       | 18500                | 115,4       | 8656                  | 138,4       |
| AH-N – 150 l/ha         | 30500           | 116,1       | 28906                | 180,3       | 10813                 | 173         |
| KH – 100 l/ha           | 28656           | 109,1       | 20000                | 124,7       | 8500                  | 136         |
| KH – 150 l/ha           | 31313           | 119,2       | 26063                | 162,5       | 9094                  | 145,5       |
| DL 5%                   | 4243            |             | 4129                 |             | 1730                  |             |
| DL 1%                   | 5767            |             | 5612                 |             | 2352                  |             |
| DL 0,1%                 | 7724            |             | 7516                 |             | 3150                  |             |

La coasa a II-a

Prin fertilizarea cu 100 l/ha îngrășământ lichid AH-I s-a obținut un spor semnificativ de producție de 129%, spor care a crescut în urma creșterii dozei de îngrășământ la 150l/ha și la

180%. Fertilizarea cu 100 l/ha îngrășământ lichid AH-U a adus un spor de producție semnificativ, de 134%, față de varianta nefertilizată, iar prin creșterea dozei de îngrășământ la 150 l/ha un spor foarte semnificativ de producție, de 147%, față de martorul nefertilizat. Cele mai bune rezultate le-a asigurat îngrășământul lichid AH-I, care la ambele doze a asigurat sporuri de producție asigurate statistic și a oferit și cel mai mare spor.

La coasa a-III-a

Fertilizarea cu 100 l/ha îngrășământ lichid AH-I a dat un spor distinct semnificativ de producție, de 148% față de martorul nefertilizat. Cele mai mari producții pentru ambele doze testate s-au obținut prin fertilizarea cu AH-U, care a oferit sporuri foarte semnificative de producție atât la doza de 100 l/ha (164%) cât și la doza de 150 l/ha (168%). Cele mai ridicate valori ale conținutului de azot s-au obținut prin fertilizarea cu KH, atât în doză de 100 l/ha după fiecare coasă cât și în doză de 150 l/ha, între cele două doze nu sunt diferențe asigurate statistic ale valorilor azotului în plantele de lucernă. Valorile fosforului în plantele de lucernă nu au înregistrat modificări asigurate statistic față de martor, oscilând între 0,28 și 0,31%, valori aflate în domeniul de concentrație normal (0,26-0,70%) (după Răuță și Chiriac, 1980). Cu excepția variantelor fertilizate cu KH, în care nivelul potasiului în plantă a fost mai ridicat în urma creșterii dozei la 150 l/ha, creșterea dozei de îngrășământ de la 100 l/ha la 150 l/ha a condus la reducerea semnificativă a valorilor potasiului în plantă. Tratamentele aplicate nu au condus la modificări statistic semnificative ale conținutului de fier, zinc, mangan și cupru în lucernă.

### 3. Evoluția solului cultivat cu lucernă sub influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humați extrași din lignit

Nu s-au constatat modificări statistic semnificative ale valorilor pH-ului sub influența sistemului de fertilizare aplicat, pH-ul variază între 7,62 și 7,75, înscriindu-se în domeniul slab alcalin (tabelul 1.7.).

**Tabelul 1.7.** Caracteristicile solului cultivat cu lucernă sub influența fertilizării cu îngrășăminte lichide pe bază de humați extrași din lignit (Cărăbiș și colab., 2017)

| Sistemul de fertilizare | pH   | Humus (%) | Ntotal (%) | PAL (mg/kg) | KAL (mg/kg) |
|-------------------------|------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Nefertilizat            | 7,70 | 3,14      | 0,19       | 53          | 154         |
| AH-I – 100 l/ha         | 7,68 | 3,37      | 0,20       | 67          | 182         |
| AH-I – 150 l/ha         | 7,70 | 2,86      | 0,19       | 50          | 197         |
| AH-U – 100 l/ha         | 7,70 | 2,84      | 0,18       | 61          | 157         |
| AH-U – 150 l/ha         | 7,70 | 3,12      | 0,21       | 54          | 164         |
| AH-N – 100 l/ha         | 7,70 | 2,90      | 0,18       | 66          | 180         |
| AH-N – 150 l/ha         | 7,73 | 2,61      | 0,17       | 58          | 189         |
| KH – 100 l/ha           | 7,75 | 2,69      | 0,16       | 63          | 160         |
| KH – 150 l/ha           | 7,62 | 2,95      | 0,19       | 53          | 183         |
| DL 5%                   | 0,10 | 0,018     | 0,05       | 6           | 5           |
| DL 1%                   | 0,14 | 0,026     | 0,07       | 8           | 7           |
| DL 0,1%                 | 0,18 | 0,035     | 0,09       | 11          | 9           |

Valorile conținutului de materie organică au variat între 2,61 și 3,37%, încadrându-se în domeniul mic (1,4-3,0%) – mijlociu (3,1-6,5%), aceste diferențe nu pot fi puse pe seama tratamentelor aplicate ci se datorează neuniformității materialului folosit la copertare. Conținutul de azot total se încadrează în domeniul mijlociu de aprovizionare (0,141-0,270%) (Florea și colab., 1987). În toate variantele fertilizate nivelurile fosforului mobil din sol au fost mai mari decât în

variantele nefertilizate, uneori diferențele fiind asigurate statistic, așa cum se întâmplă în cazul fertilizării cu doza de 100 l/ha, pentru toate îngrășămintele testate. Cele mai ridicate valori ale potasiului mobil s-au obținut în variantele fertilizate cu AH-I, în care valorile au fost de 182 mg/kg în variantele fertilizate cu 100 l/ha și 197 mg/kg în variantele fertilizate cu 150 l/ha.

## Concluzii

Rezultatele obținute în cadrul experimentului desfășurat pe halda de steril Balta Unchiașului (jud. Gorj) demonstrează că fertilizarea cu îngrășămintele lichide pe bază de humați extrași din lignit reprezintă o soluție eficientă pentru creșterea productivității culturii de lucernă în condiții de sol antropizat și slab fertil.

Aplicarea produselor pe bază de acizi humici a determinat sporuri semnificative și foarte semnificative de producție în ambii ani experimentali, cele mai bune rezultate fiind obținute, în general, la doza de 150 l/ha, în special pentru variantele AH-I și AH-U, care au înregistrat creșteri de până la 168% față de martorul nefertilizat.

În ansamblu, rezultatele evidențiază faptul că îngrășămintele lichide pe bază de humați extrași din lignit contribuie semnificativ la ameliorarea funcțională a solurilor de pe haldele miniere și la creșterea performanței productive a lucernei, constituind o tehnologie sustenabilă de valorificare agricolă a terenurilor degradate. Integrarea acestor produse în schemele de fertilizare poate reprezenta o direcție viabilă pentru reconstrucția ecologică și economică a suprafețelor afectate de exploatarea miniere din bazinul carbonifer al Olteniei.

## Bibliografie

- Ashley P. M., Lottermoser B. G., Collius A. J., Grant C. D. 2004. *Environmental geochemistry of webbs Consols Mine, New South Wales, Australia*. Environmental Geology 46", 591-604.
- Blaga G., Filipov F., Rusu I., Udrescu S., Vasile D. 2005. *Pedologie*. Editura AcademicPres, Cluj-Napoca.
- Boute J. 1995. *Etude des effets a long terme d'ewe pollution chronique for SO2 a concentration subnecrotique (50 µg/SO2m -3)*, M.Q.V. Raport final P.A. 77/156.
- Budoi Gh., Comarovschi Gh., Popa Tr., Sebok P., Toma Al. 1981. *Agrofitotehnie*. Editura Didactică și Pedagogică București.
- Căpitanu, V., Dumitru M., Toti M., Răducu Daniela, Popa Daniela, Motelică M. 1999. *Impactul emisiilor termocentralelor asupra mediului ambiant*. Editura RISOPRINT, Cluj-Napoca.
- Cărăbiș Augustina Delia, Burtan Lavinia. 2017. *Reconstrucția ecologică a haldelor de steril*. Editura Terra Nostra Iași.
- Carigoiu Violeta. 2005. *Factori limitativi ai capacității de producție a solurilor județului Gorj*. Teză de doctorat, USAMV București.
- Canellas L. P., Olivares F. L. 2014. *Physiological responses to humic substances as plant growth promoter*. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 1(3), 1-11.
- Carlsson G., Huss-Danell K. 2003. *Nitrogen fixation in perennial forage legumes*. Plant and Soil, 253, 353-372.
- Chen Y., Clapp C. E., Magen H. 2004. *Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances*. Soil Science and Plant Nutrition, 50(7), 1089-1095.
- Cioroianu T. M., Sârbu Carmen., Dumitru M., Dorneanu A., Ștefănescu Daniela. 2009. *Îngrășămintele neconvenționale – fertilizanți lichizi*. Editura ESTFALIA București.

- Davidoiu E., Scorțariu O., Pardoș D., Bican Sz. 2008. *Dezvoltarea și modernizarea producției în domeniul lignitului*. Simpozionul Internațional „Reconstrucția ecologică și necesarul de îngrășăminte în zona Gorjului”. 4-5 oct. 2007, Târgu Jiu, Editura NEW AGRIS – Reviste Agricole, București.
- Dudka S., Adriano D. C. 1997. *Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review*. Journal of Environmental Quality 26, 590-602.
- Dumitru M., Popescu I., Blaga Ghe., Dumitru Elisabeta. 1999. *Recultivarea terenurilor degradate de exploatarea miniere din Bazinul Carbonifer Oltenia*. Casa de Editură Transilvania Press.
- Florea N., Munteanu I. 2012. *Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor (SRTS)*. Editura Sitech, Craiova.
- Frame J. 2005. *Forage Legumes for Temperate Grasslands*. FAO Publishing.
- Goodarzi F., Sauchi H., Harrett R., Duncan W. 2002. *Accumulation of trace metals on the surface soils around the trail Smelter, british Columbia, Canada*. Environmental Geology 43, 29-38.
- Lin C., Tong X., Lu W., Yan L., Wu J., Nie C., Chu C., Long J. 2005. *Environmental impacts of surface mining on mined lands, affected streamers and agricultural lands in the Dabaoshan Mine regim, southern Korea*. Applied Geochemistry 20, 256-271.
- Popescu A., Iancu I., Dumitru M. 2018. *Sustainable use of humic substances in agriculture*. Romanian Agricultural Research, 35, 45-52.
- Răuță C., Chiriac Aurelia. 1980. *Metodologie de analiză a plantei pentru evaluarea stării de nutriție minerală*. ICPA București.
- Reimann C., Garrett G. 2005. *Geochemical background – concept and reality*. Science of the Total Environment 350, 12-27.
- Stevenson F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley Sons.
- Smith K. 1991. *Environmental hazards. Assessing risk and reducing disaster*. Publisher Routledge, London, 245.
- Tămaș S., Borza I. 2015. *Ameliorarea solurilor degradate prin utilizarea substanțelor humice*. Revista de Îmbunătățiri Funciare, 12(2), 67-74.