
TEZA DE DOCTORAT

Cercetări privind efectul fertilizării foliare asupra producției și a evoluției fertilității solului în tehnologia lucernei în zona Transilvaniei

REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

Doctorand **Constantin Alexe Bordea**

Conducător de doctorat **Prof.univ. dr. Ioan Păcurar**



CUPRINS

INTRODUCERE	III
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	
1. Cultura lucernei	III
2. Fertilizarea culturilor agricole	III
CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	
3. Obiectivele urmărite	III
4. Paricularitățile mediului natural în care a avut loc experimentarea	III
5. Material și metodă	IV
6. Rezultate și discuții	IV
7. Concluzii și recomandări	VIII
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	X

INTRODUCERE

Lucerna (*Medicago sativa* L.) este una dintre cele mai importante plante furajere, care este cultivată pe scară largă în întreaga lume. Pentru conținutul ridicat de proteine, valoarea nutritivă bogată și randamentul ridicat de biomasă, este cunoscută sub numele de „Regele Furajelor”, fiind cultivată pe aproximativ 32,2 milioane de hectare, în întreaga lume (CEN ȘI COLAB., 2020).

1. Cultura lucernei

Lucerna (*Medicago sativa* L.) este o leguminoasă perenă, istoricul cultivării acesteia datând de peste 2000 de ani. Datorită valorii sale ridicate ca furaj pentru animale, în special dacă este păstrată ca fân, fermierii recoltează frecvent lucerna toamna. Cositul poate constitui un factor important care poate afecta cultura lucernei. Sunt disponibile cercetări care arată faptul că frecvența cositului are multiple efecte asupra lucernei atât când este cultivată ca singură specie, cât și în amestec, precum și asupra distribuției substanței uscate și productivității acesteia (BORDEA ȘI PĂCURAR, 2022a; LIU ȘI COLAB., 2017 ; VENTRONI ȘI COLAB., 2010).

2. Fertilizarea culturilor agricole

După cum este bine cunoscut, din punct de vedere agrochimic, fertilizanți sunt considerați acele substanțe organice și minerale, care sunt fie compuse, fie simple, care pot fi obținute atât prin sinteză chimică, dar pot fi și de origine naturală, care se administrează în sol, la suprafața solului și/sau pe plantă, sub formă lichidă sau solidă. Administrarea fertilizanților se realizează pentru (BORDEA ȘI PĂCURAR, 2022b): îmbunătățirea regimului de creștere și/sau dezvoltare a plantelor de cultură, facilitarea proceselor de descompunere a reziduurilor organice de pe sol, creșterea intensității activității organismelor microbiologice, creșterea fertilității solului.

3. Obiective urmărite

În carul tezei de doctorat sunt avute în vedere obiective specifice formulate cu scopul determinării efectului fertilizării differentiate asupra producției de lucernă, în cadrul unui experiment trifactorial (soi x fertilizare x an), respectiv: studiul cantitativ și calitativ al producțiilor, studiul comparativ al cantității și calității producțiilor de lucernă și al interrelației dintre producție și conținutul de proteină brută, precum și studiul eficienței utilizării azotului.

4. Particularitățile mediului în care a avut loc experimentarea

Experimentele din cadrul tezei de doctorat s-au desfășurat în cadrul unei ferme private din satul Mihăiești, comuna Sânpaul, județul Cluj. Câmpul experimental a

fost localizat în mediul natural al satului Mihăiești, comuna Sînpaul, județul Cluj, pe o suprafață de 2500 m² - 46°54'12"N, 23°25'7"E (www.google.com).

5. Material și metodă

În studiul de față s-au utilizat două soiuri de lucernă românești, omologate și produse de Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare Agricolă Fundulea, respectiv soiurile Mădălina și Sandra. Fertilizarea solului s-a realizat cu îngrășămintele convenționale N₂₇:P_{13,5} Superfosfat (30%P₂O₅), iar fertilizarea foliară convențional cu produsul Nutri-Leaf și neconvențional Algobor. Experiențele au fost executate după un model trifactorial cu blocuri randomizate, în 2018 și 2019, pe o suprafață de 3000 m² parcelată (250 m² fiecare parcelă), corespunzător celor 12 variante experimentale, experiențele fiind executate în șase repetiții. Metodele statistice au fost utilizate în vederea prelucrării datelor brute. În acest scop s-a folosit programul STATISTICA v.8.0 pentru Windows.

6. Rezultate și discuții

Producțiile de lucernă înregistrate în diferite condiții de fertilizare.

Producțiile medii de substanță uscată la soiul Mădălina obținute atunci când s-a optat pentru fertilizarea foliară cu produsul conventional asociată cu fertilizarea solului cu diferite doze de îngrășământ mineral, sunt cuprinse în intervalul 14,93 t substanță uscată/ha (corespunzător fertilizării solului cu N₅₀P₃₀) și 18,08% (corespunzător fertilizării solului cu N₁₀₀P₉₀), iar în cazul utilizării produsului neconvențional asociată cu fertilizarea solului cu diferite doze de îngrășământ mineral complex, sunt cuprinse între 14,29 t substanță uscată/ha (sol fertilizat cu N₅₀P₃₀) și 17,63 t substanță uscată/ha, respectiv sol fertilizat cu N₁₀₀P₉₀ (Tabelul 1).

La soiul Sandra, producțiile medii de substanță uscată atunci când s-a optat pentru fertilizarea foliară cu produsul conventional cea mai mare valoare a producției corespunde fertilizării solului cu N₁₀₀P₉₀ și este egală cu 17,38 t substanță uscată/ha, iar când s-a optat pentru fertilizarea foliară neconvențională producțiile de lucernă sunt cuprinse în intervalul 13,80 t substanță uscată/ha (sol fertilizat cu N₅₀P₃₀) și 17,08 t substanță uscată/ha, respectiv sol fertilizat cu N₁₀₀P₉₀ (Tabelul 2).

Studiul calitativ al producției de lucernă înregistrate în diferite condiții de fertilizare. Pe ansamblul perioadei experimentale 2018 - 2019, la soiul de lucernă Mădălina nefertilizat, considerat martor, este raportat un conținut de proteină brută egal cu 18,01%. La variantele experimentale, cel mai ridicat conținut de proteină brută este egal cu 19,57% și corespunde lucernei fertilizată conform variantelor combinate cu îngrășământ complex N₁₀₀P₉₀ la sol și foliar cu produsul convențional și respectiv foliar cu produsul neconvențional, iar cel mai scăzut conținut este egal cu 18,82% și corespunde variantei simple de fertilizare foliară cu produsul neconvențional. Celuloza brută are valori cuprinse între limitele 15,95% (variante simplă de fertilizare foliară cu produsul convențional) – 16,86% (variante simplă de fertilizare a solului cu îngrășământ complex N₅₀P₃₀), grăsimea brută este conținută între limitele 3,24% (în

cazul variantelor combinate de fertilizare a solului cu îngrășământ complex N₁₀₀P₉₀ și foliar cu produsul convențional și, respectiv, produsul neconvențional și varianta combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex N₅₀P₃₀ și foliar cu produsul neconvențional) – 3,32% (varianta martor nefertilizată), iar cenușa brută între limitele 8,13% pentru varianta combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex N₅₀P₃₀ și foliar cu produsul convențional și 8,85% pentru varianta combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex N₇₀P₆₀ și foliar cu produsul neconvențional.

Tabelul 1

Statistica de bază pentru producția de lucernă, soiul Mădălina, în condițiile fertilizării combinate cu îngrășământ mineral complex și foliar convențional și neconvențional, 2018 – 2019 (t/ha SU)

Varianta	N	X	Minimum	Maximum	s	CV
1	12	13,07	11,60	15,20	1,08	8,24
2	12	14,93 ^d	13,50	17,30	1,13	7,56
3	12	16,54 ^{db}	13,30	19,60	1,64	9,93
4	12	18,08 ^{ddb}	14,30	19,60	1,54	8,52
5	12	14,29 ^b	12,70	16,50	1,10	7,70
6	12	16,07 ^{dc}	13,90	18,20	1,32	8,19
7	12	17,63 ^{ddb}	14,20	19,50	1,69	9,59

1 – martor nefertilizat; 2 – fertilizare cu N₅₀P₃₀ și foliar convențional; 3 – fertilizare cu N₇₀P₆₀ și foliar convențional; 4 – fertilizare cu N₁₀₀P₉₀ și foliar convențional; 5 – fertilizare cu și foliar neconvențional; 6 – fertilizare cu N₇₀P₆₀ și foliar neconvențional; 7 – fertilizare cu N₁₀₀P₉₀ și foliar neconvențional; X – media aritmetică (t/ha SU/DM); s – deviația standard (t/ha SU/DM); CV – coeficientul de variație (%); b – p < 0.05; d – p < 0.001.

Tabelul 2

Statistica de bază pentru producția de lucernă, soiul Sandra, în condițiile fertilizării combinate cu îngrășământ mineral complex și foliar convențional și neconvențional, 2018 – 2019 (t/ha SU)

Varianta	N	X	Minimum	Maximum	s	CV
1	12	12,24	11,20	13,50	0,75	6,15
2	12	14,18 ^{db}	12,00	17,00	1,23	8,70
3	12	15,28 ^{db}	12,40	17,00	1,19	7,79
4	12	17,38 ^d	15,30	18,90	1,04	6,01
5	12	13,80 ^d	11,90	15,20	0,81	5,89
6	12	14,87 ^{db}	12,00	17,00	1,36	9,15
7	12	17,08 ^d	15,00	19,00	1,04	6,11

1 – martor nefertilizat; 2 – fertilizare cu N₅₀P₃₀ și foliar convențional; 3 – fertilizare cu N₇₀P₆₀ și foliar convențional; 4 – fertilizare cu N₁₀₀P₉₀ și foliar convențional; 5 – fertilizare cu și foliar neconvențional; 6 – fertilizare cu N₇₀P₆₀ și foliar neconvențional; 7 – fertilizare cu N₁₀₀P₉₀ și foliar neconvențional; X – media aritmetică (t/ha SU/DM); s – deviația standard (t/ha SU/DM); CV – coeficientul de variație (%); b – p < 0.05; d – p < 0.001.

Cel mai ridicat conținut în substanțe extractive neazotate este egal cu 53,27% și se observă la varianta martor nefertilizată, iar cel mai scăzut, egal cu 52,24% la

varianta experimentală combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex $N_{100}P_{90}$ și foliar cu produsul neconvențional.

La soiul Sandra, pe ansamblul perioadei experimentale 2018 - 2019, se obține o medie a conținutului de proteină brută egală cu 17,95% în cazul variantei martor. În ceea ce privește variantele experimentale, se observă că valoarea maximă a proteinei brute egală cu 19,27% corespunde lucernei fertilizată conform variantei combinate de fertilizare a solului cu îngrășământ complex $N_{100}P_{90}$ și foliar cu produsul convențional, iar valoarea minima egală cu 19,18 corespunde variantelor experimentale pentru care se administrează fertilizarea simplă, foliară, cu produsul convențional, precum și fertilizarea combinată a solului cu îngrășământ complex $N_{70}P_{50}$ și foliar cu produsul neconvențional. Celuloza brută are valori cuprinse între limitele 16,28% (varianta combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex $N_{100}P_{90}$ și foliar cu produsul neconvențional) – 17,08% (varianta martor), grăsimea brută este conținută între limitele 2,92% (varianta simplă de fertilizare foliară cu produsul neconvențional) – 3,13% (varianta combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex $N_{100}P_{90}$ și foliar cu produsul convențional), iar cenușa brută între limitele 8,17% pentru varianta combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex $N_{70}P_{60}$ și foliar cu produsul neconvențional și 8,43% pentru varianta martor nefertilizată. Studiul conținutului în substanțe extractive neazotate, conduce la observația conform căreia cea mai ridicată valoare este egală cu 53,47% și corespunde variantei martor nefertilizată, iar cel mai scăzut, egal cu 52,73% la varianta experimentală combinată de fertilizare a solului cu îngrășământ complex $N_{100}P_{90}$ și foliar cu produsul conventional.

Studiul interrelației dintre producția și calitatea lucernei, în diferite condiții de fertilizare. La soiul Mădălina, la varianta martor nefertilizată se observă o corelație slabă negativă, medie ($R = -0,356$), între producția de lucernă și conținutul de proteină brută, ceea ce înseamnă că o creștere a producției este însoțită de o scădere a proteinei brute, aceasta fiind reprezentativă în proporție de 13,30%. În cazul variantelor experimentale la care s-a fertilizat solul și la care s-a fertilizat foliar cultura, se observă evoluții diferite, însă toate caracterizate de variabilitate ridicată. Pentru fertilizarea solului cu diferite doze de azot și fosfor, $N_{50}P_{30}$, $N_{70}P_{60}$ și $N_{100}P_{90}$, se obțin corelații negative, care sunt slabe în cazul fertilizării cu dozele de $N_{50}P_{30}$ ($R = -0,297$) $N_{70}P_{60}$ și ($R = -0,187$) și respectiv slabă spre medie ($R = -0,354$), pentru fertilizarea solului cu doza de $N_{100}P_{90}$. În toate aceste cazuri scăderea proteinei brute odată cu creșterea producției este un proces cu reprezentativitate scăzută, de 8,80% pentru varianta la care solul este fertilizat cu $N_{50}P_{30}$, de 3,50% pentru varianta la care solul este fertilizat cu $N_{70}P_{60}$ și de 12,50% pentru varianta la care solul este fertilizat cu $N_{100}P_{90}$. La soiul Sandra, pentru varianta martor nefertilizată se observă o corelație slabă negativă, medie ($R = 0,266$), între producția de lucernă și conținutul de proteină brută, ceea ce înseamnă că o creștere a producției este însoțită și de o creștere a proteinei brute, aceasta fiind reprezentativă în proporție de 7%. În cazul variantelor experimentale la care s-a fertilizat solul și foliar cultura, se observă evoluții diferite. Pentru fertilizarea solului cu $N_{50}P_{30}$ se obține o corelație pozitivă foarte slabă ($R = -0,049$), cu reprezentativitate foarte scăzută. În cazul fertilizării solului cu doza de $N_{70}P_{60}$ se observă o corelație pozitivă medie ($R = 0,518$), care are o reprezentativitate

de 26,5%. Pentru fertilizarea solului cu doza de N₁₀₀P₉₀ se observă o corelație negativă slabă (R = -0,395), cu o reprezentativitate egală cu 15,60%.

Studiul eficienței utilizării azotului la cultura lucernei, în diferite condiții de fertilizare. În vederea cuantificării gradului de utilizare a azotului în diferite condiții de fertilizare a solului cu îngrășământ complex, foliar și combinat (fertilizarea solului și fertilizare foliară), s-a recurs la calculul a patru indici (factorul parțial de productivitate, bilanțul parțial al nutrienților, eficiența agronomică și eficiența preluării azotului). La ambele soiuri de lucernă luate în studiu în perioada 2018 - 2019, Mădălina și Sandra, atât în cazul fertilizării simple a solului și foliare cât și a fertilizării combinate a solului cu cea foliară, cu diferite doze de azot, se constată că, similar rezultatelor obținute de noi în cazul calculului indicilor de eficiență a azotului (NUE) și de răspuns a eficienței utilizării azotului (NRE), valorile tuturor indicilor studiați în cazul utilizării metodologiei de estimare a eficienței utilizării azotului propusă de AUGARTEN ȘI COLAB. (2019), respectiv PFP, PNB, AE și UE, prezintă aceeași evoluție (Tabelele 3 și 4).

Tabelul/Table 6.46

Indicii eficienței utilizării azotului la soiul de lucernă Mădălina 2018-2019

Fertilizare	PFP	PNB (%)	AE	UE (%)
Martor	35,51	8,04	-	-
N ₅₀ P ₃₀	28,62	6,18	6,48	26,00
N ₇₀ P ₆₀	22,61	4,43	4,13	20,00
N ₁₀₀ P ₉₀	17,37	3,12	3,25	16,00
Produsul convențional	80,05	15,55	16,55	75,00
Produsul neconvențional	38,53	8,17	3,01	27,00
Produsul conventional + N ₅₀ P ₃₀	29,86	4,43	6,20	28,00
Produsul conventional + N ₇₀ P ₆₀	23,62	3,47	4,46	22,86
Produsul conventional+ N ₁₀₀ P ₉₀	18,08	2,61	3,13	17,00
Produsul neconventional + N ₅₀ P ₃₀	28,58	4,28	6,11	26,00
Produsul neconventional + N ₇₀ P ₆₀	22,95	3,39	4,39	17,71
Produsul neconventional + N ₁₀₀ P ₉₀	17,63	2,13	3,02	15,00

PFP - factorul parțial de productivitate; PNB - bilanțul parțial al nutrienților; AE - eficiența agronomică; UE - eficiența preluării azotului.

Astfel, se obțin valorii maxime pentru fertilizarea foliară cu produsul convențional și o scădere progresivă odată cu creșterea dozei de azot administrate la sol, în cazul fertilizării simple a solului cu îngrășământ complex, dar și a fertilizării combinate a solului cu cea foliară (Tabelele 3 și 4). Valorile factorului parțial de productivitate (PFP), raportate pentru majoritatea variantelor experimentale la ambele soiuri de lucernă luate în studiu, Mădălina și Sandra, se încadrează atât pentru sistemul de clasificare elaborat pentru cereale, cât și pentru cel elaborat pentru siloz în categoria de eficiență scăzută a utilizării azotului la cereale și siloz. Se înregistrează o singură excepție, la soiul Mădălina, pentru varianta experimentală fertilizată foliar cu

produsul convențional, care se încadrează în categoria de eficiență scăzută spre medie a utilizării azotului.

Tabelul 4

Indicii eficienței utilizării azotului la soiul de lucernă Sandra 2018-2019

Fertilizare	PPF	PNB	AE	UE
Martor	33,26	7,80	-	-
N ₅₀ P ₃₀	27,14	6,14	4,54	40,00
N ₇₀ P ₆₀	21,08	4,40	3,60	30,00
N ₁₀₀ P ₉₀	16,78	3,08	2,66	21,00
Produsul convențional	37,17	15,40	15,45	105,00
Produsul neconvențional	26,98	8,30	3,91	51,63
Produsul conventional + N ₅₀ P ₃₀	28,36	6,14	5,14	28,57
Produsul conventional + N ₇₀ P ₆₀	21,82	4,40	4,34	23,33
Produsul conventional+ N ₁₀₀ P ₉₀	17,38	3,09	3,88	18,33
Produsul neconventional + N ₅₀ P ₃₀	27,60	6,23	4,84	57,07
Produsul neconventional + N ₇₀ P ₆₀	21,24	4,37	3,75	54,35
Produsul neonventional + N ₁₀₀ P ₉₀	17,08	3,04	3,12	50,27

PPF - factorul parțial de productivitate; PNB - bilanțul parțial al nutrienților; AE - eficiența agronomică; UE - eficiența preluării azotului.

7. Concluzii și recomandări

Atât la soiul de lucernă Mădălina, cât și la soiul Sandra, între mediile producțiilor obținute la în funcție de varianta de fertilizare, se obțin diferențe asigurate statistic la diferite praguri de semnificație, de la 5% la 0,1%. Gradele de disperisie al valorilor individuale ale producțiilor evidențiază o distribuție normală, iar valorile coeficienților de variație, mult sub pragul de 30% reflectă omogenitatea producțiilor și reprezentativitatea mediilor.

Pe ansamblul perioadei experimentale, la soiul de lucernă Mădălina, s-au obținut valori ale compoziției chimice brute cuprinse, pentru fiecare dintre componentele acesteia, în intervalele: 19,57% PB (fertilizare cu îngrășământ complex N₁₀₀P₉₀ la sol și foliar convențional și neconvențional) – 18,82% PB (fertilizare foliară cu produsul organic); 3,29% GB (fertilizare la sol cu îngrășământ complex N₇₀P₆₀ și N₁₀₀P₉₀) – 3,23% GB (fertilizare combinată cu N₁₀₀P₉₀ la sol și foliar cu produsul neconvențional); 16,86% Cel B (fertilizare cu N₅₀P₃₀ la sol) – 16,17% Cel B (fertilizare combinată cu N₇₀P₆₀ la sol și foliar cu produsul neconvențional); 8,85% Cen B (fertilizare combinată cu îngrășământ complex N₇₀P₆₀ la sol și foliar cu produsul neconvențional) – 8,13% Cen B (fertilizare combinată cu îngrășământ complex N₅₀P₃₀ la sol și foliar cu produsul convențional); 53,04% (fertilizare foliară cu produsul convențional) - 52,25% SEN (fertilizare combinată cu îngrășământ complex N₁₀₀P₉₀ la sol și foliar cu produsul neconvențional). La soiul de lucernă Sandra, s-au obținut următoarele valori: 19,27% PB (fertilizare cu N₁₀₀P₉₀ la sol și foliar cu produsul convențional) – 19,17% PB (fertilizare foliară cu produsul neconvențional); 3,13% GB (fertilizare cu N₁₀₀P₉₀ la sol și foliar cu produsul convențional) – 2,92% GB (fertilizare

foliară cu produsul neconvențional); 16,53% Cel B (fertilizare cu $N_{100}P_{90}$ la sol și foliar cu produsul convențional) – 16,28% Cel B (fertilizare cu $N_{100}P_{90}$ la sol și foliar cu produsul neconvențional); 8,34% Cen B (fertilizare cu $N_{100}P_{90}$ la sol și foliar cu produsul convențional) – 8,17% Cen B (fertilizare cu îngrășământ complex $N_{50}P_{30}$ la sol și foliar cu produsul neconvențional); 53,38% (fertilizare foliară cu produsul neconvențional) - 52,73% SEN (fertilizare combinată cu $N_{100}P_{90}$ la sol și foliar cu produsul convențional). Referitor la studiul parametrilor calitativi ai producției de lucernă, la soiurile Mădălina și Sandra în funcție de varianta de fertilizare, pe ansamblul perioadei experimentale 2018 – 2019, se constată o serie de particularități. Pentru fertilizarea simplă, nu se observă diferențe asigurate statistic la pragul de semnificație 5% între parametrii calitativi studiați, dar cu excepția conținutului în substanțe extractive neazotate, la soiul Mădălina, se observă valori superioare ale conținuturilor de: proteină brută, grăsime brută, celuloză brută și cenușă brută. Pentru fertilizarea combinată a solului cu diferite doze de îngrășământ complex și foliar cu produsele convențional și neconvențional, se observă rezultate similare, diferențele dintre cele două soiuri de lucernă studiate, în ceea ce privește parametrii calitativi analizați, nu sunt asigurate statistic la pragul de semnificație 5%. Reprezentativitățile corelațiilor stabilite între producția de lucernă, soiul Mădălina și conținutul de proteină brută al acesteia diferă foarte mult, fiind cuprinse în intervalul 0,03% (pentru varianta experimentală la care se realizează fertilizarea solului cu îngrășământ complex $N_{50}P_{30}$ și foliar cu produsul convențional) și 64,80% (pentru varianta experimentală la care se realizează fertilizarea solului cu îngrășământ complex $N_{70}P_{60}$ și foliar cu produsul neconvențional). Între producția de lucernă, soiul Sandra și conținutul de proteină brută al acesteia, reprezentativitățile corelațiilor stabilite diferă foarte mult, fiind cuprinse în intervalul 0,02% (pentru varianta experimentală la care se realizează fertilizarea combinată a solului cu îngrășământ complex $N_{70}P_{60}$ și produsul convențional) și 39,10% (pentru varianta experimentală la care se realizează fertilizarea foliară cu produsul convențional). Utilizarea metodologiei propuse de AUGARTEN ȘI COLAB. (2019), în vederea cuantificării gradului de utilizare a azotului în diferite condiții de fertilizare a solului cu îngrășământ complex, foliar și combinat (fertilizarea solului și fertilizare foliară), cu ajutorul a patru indici (factorul parțial de productivitate - PFP, bilanțul parțial al nutrienților - PBN, eficiența agronomică - AG și eficiența preluării azotului UE) conduce la concluzia că, similar rezultatelor obținute de noi în cazul calculului NUE și NRE, valorile tuturor indicilor prezintă evoluții asemănătoare. Se obțin valorii maxime pentru fertilizarea foliară cu produsul convențional atât la soiul Mădălina (PFP = 80,50; PNB = 15,50%; AE = 16,55; UE = 75%), cât și la soiul Sandra (PFP = 37,17; PNB = 15,40%; AE = 15,45; UE = 105%) și o scădere progresivă odată cu creșterea dozei de azot administrate la sol, în cazul fertilizării simple a solului cu îngrășământ complex, dar și a fertilizării combinate a solului cu cea foliară.

Pe baza rezultatelor obținute, **recomandăm** ca în vederea obținerii unor producții ridicate la soiurile autohtone de lucernă apropiate de standardele soiurilor, să se practice fertilizarea solului cu îngrășământ complex NPK (sau NP acolo unde în

sol este o aprovizionare excesivă cu K, cum este cazul studiului de față) în care se utilizează doze ridicate de azot și fosfor ($N_{100}P_{90}$), combinată cu aplicarea fertilizării foliare atât cu fertilizant foliar conventional bogat în maco- și microelemente (inclusiv azot), cât și cu fertilizant foliar neconvențional, care nu conține azot, având la bază compuși naturali.

Originalitatea tezei de doctorat este reprezentată de următoarele aspecte: ▶studiul eficacității variantelor combinate de fertilizare a solului cu fertilizarea foliară și compararea rezultatelor obținute cu variante simple de fertilizare cu îngrășământ complex și foliar, atât în termenii productivității, cât și ai calității recoltelor de lucernă; ▶studiul comparativ, între două soiuri autohtone de lucernă, a intensității interacțiunii dintre productivitatea lucernei și calitatea recoltelor în termenii conținutului de proteină brută; studiul comparativ al eficienței utilizării azotului, la două soiuri autohtone de lucernă. Contribuțiile inovative ale tezei de doctorat considerăm că sunt următoarele: ▶protocolul experimental și metodologia de interpretare a datelor brute cu ajutorul metodelor statistico-matematice utilizată, au făcut posibilă aprecierea producției de lucernă; ▶introducerea în studiul a metodologiilor de calcul a indicilor gradului de eficiență a utilizării azotului, care nu se rezumă doar la cei utilizați în mod obișnuit, respectiv indicele de eficiență a utilizării azotului (NUE) și indicele de răspuns al eficienței utilizării azotului (NRE), ci și la o abordare recentă, care utilizează o metodologie mai complexă care include patru indici.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. AUGARTEN A., AMBER RADATZ, M. RUARK, ERICA OLSON, 2019. Nitrogen Use Efficiency: Statewide NUE benchmarking for corn grain and silage, https://uwdiscoveryfarms.org/wp-content/uploads/sites/1255/2020/08/Discovery_Farms_-NUE_-ForOnline.pdf
2. CEN H., T. WANG, H. LIU, D. TIAN, Y. ZHANG, 2020. Melatonin Application Improves Salt Tolerance of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) by Enhancing Antioxidant Capacity. *Plants*, 9(2), 220: doi:10.3390/plants9020220
3. BORDEA C., I. PĂCURAR, 2022a. Present status of NPK fertilizers production and use. Note I. Present status of NPK fertilizers production and use worldwide, and by continents. *ProEnvironment*, 15(49), 27-31.
4. BORDEA C., I. PĂCURAR, 2022b. Present status of NPK fertilizers production and use. Note II. Present status of NPK fertilizers production and use in European Union, and in Romania. *ProEnvironment*, 15(49), 32-35.
5. LIU X.J.A., K.J. VAN GROENIGEN, P. DIJKSTRA, B.A. HUNGATE, 2017. Increased plant uptake of native soil nitrogen following fertilizer addition - Not a priming effect? *Appl Soil Ecol* 114:105-110.
6. VENTRONI L.M., J.J. VOLENEC, C.A. CANGIANO, 2010. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. *Field Crop. Res.* 119: 252-259.
7. <http://www.google.com>