
TEZA DE DOCTORAT

Posibilități de utilizare a îngrășămintelor verzi pentru combaterea eroziunii de suprafață în condițiile pedo-climatice din nord-vestul României

REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

Doctorand **Cosmina Marchiș (Candrea)**

Conducător de doctorat **Prof.univ. dr. Marcel DÎRJA**



CUPRINS

INTRODUCERE	III
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	
1. Stadiul actual al cunoștințelor referitoare la managementul resurselor de sol	III
2. Managementul durabil al resurselor de sol	III
CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	
3. Obiectivele urmărite	III
4. Paricularitățile mediului natural în care a avut loc experimentarea	IV
5. Material și metodă	IV
6. Rezultate și discuții	V
7. Concluzii și recomandări	VIII
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	X

INTRODUCERE

Eroziunea solului este un proces gradual care are loc atunci când impactul apei sau vântului se desprinde și îndepărtează particulele de sol, determinând deteriorarea solului. Deteriorarea solului și calitatea scăzută a apei din cauza eroziunii și scurgerii de suprafață au devenit probleme grave la nivel mondial. Eroziunea solului de către apă are loc atunci când suprafața solului cu panta goală este expusă precipitațiilor, iar intensitatea ploii depășește rata de absorbție a solului sau rata de infiltrare, ceea ce duce la scurgerea solului la suprafață (MUQI ȘI COLAB., 2018; PANIȚȘI ȘI DÎRJA, 2022b; ROMAN, 2008; XIONG ȘI COLAB., 2018).

1. Considerații generale privind eroziunea solului

Majoritatea factorilor acționează simultan, conditionându-se reciproc, sporind sau diminuând intensitatea fenomenului eroziunii. Eroziunea solului este cea mai urgentă și cea mai actuală problemă, pentru agricultura României și pentru întreaga economie națională, precum și pentru starea landsafturilor și a mediului de supraviețuire a omului (CANDREA ȘI DÎRJA, 2023). Agricultura este afectată negativ de eroziunea solului, dar și contribuie la aceasta, întrucât utilizarea terenurilor și gestionarea terenurilor sunt printre principalele forțe motrice ale eroziunii solului (CANDREA ȘI DÎRJA, 2024a). Eroziunea solului are un impact puternic asupra mediului și are costuri economice ridicate; pentru a atenua aceste efecte, sunt necesare strategii de conservare a solului și a apei (CANDREA ȘI COLAB., 2024b).

2. Îngrășămintele verzi

Introducerea îngrășămintelor verzi, sau altfel spus, culturilor de acoperire în irigat zonele a fost sugerată ca o abordare economică pentru întreținerea solului și calitatea apei fără a reduce produsele agricole recoltate (BENINCASA ȘI COLAB., 2010; GABRIEL ȘI QUEMADA, 2011; SALMERÓN ȘI COLAB., 2010). Îngrășămintele verzi înlocuiesc pârgurile goale în rotațiile culturilor în timpul toamnei sau perioadele de iarnă și se încheie înainte ca cultura principală ulterioară să fie semănat.

3. Obiectivele urmărite

Teza de doctorat are în vedere obiective specifice elaborate pentru evaluarea nivelului de eroziune de suprafață terenului, a influenței acestuia asupra producției de porumb și a efectului utilizării îngrășămintelor verzi, în funcție de amplasament la nivelul pantei, în vederea studiului: pierderilor cantitative și calitative de sol, influenței eroziunii asupra însușirilor fizico-chimice ale solului și producției de porumb înregistrate la nivelul terenului localizat în dispozitivul experimental. De asemenea, obiectivele se mai referă la studiul comparativ al influenței îngrășămintelor verzi asupra însușirilor fizico-chimice ale solurilor arabile în pantă în funcție de particularitățile dispozitivului experimental recuși asupra producției de porumb.

4. Particularitățile mediului natural în care a avut loc experimentarea

Dispozitivul experimental este localizat în Depresiunea Odadei în vestul țării noastre, respectiv pe teritoriul satului Valea Mare de Criș, care aparține de comuna Borod, județul Bihor (Atlasul geografic general al României, 1980).

5. Material și metodă

Materialul biologic constă în pajiști în care predomină lucerna, dar și în porumb și specii de plante considerate adecvate pentru a fi utilizate în calitate de îngrășăminte verzi. S-a utilizat hibridul de porumb Pioneer PR38A24. Acesta face parte din grupa FAO 350. Speciile de plante considerate adecvate pentru a fi utilizate în calitate de îngrășăminte verzi sunt: mazărice, lupin, secară, rapiță și raigras. Acestea au fost administrate fie în cultură pură (măzăricea și lupinul), fie în două variante de amestec, respectiv lupin + secară + rapiță și mazărice + raigras + secară.

Materialele chimice constau în reactivii de laborator utilizați pentru determinarea conținutului solului în nutrienți, la care se adaugă fertilizantul convențional, respectiv $N_{90}P_{45}K_{90}$. Astfel, au fost utilizate următoarele materiale chimice pentru analizele de laborator: sulfat de argint, acid ortofosforic 85%, soluție sare Mohr 0,1N, soluție de acetat – lactat de amoniu, albastru de molibden. Materialele fizice conținuau din ustensile de laborator (Flacoane Erlenmeyer, biurete, electrod de sticlă, cilindrii gradați, site, filtre), balanță analitică, sondă pentru prelevarea solului, echipamente de laborator (instalații de încălzire pH-metru, flamfotometru, spectrofotometru).

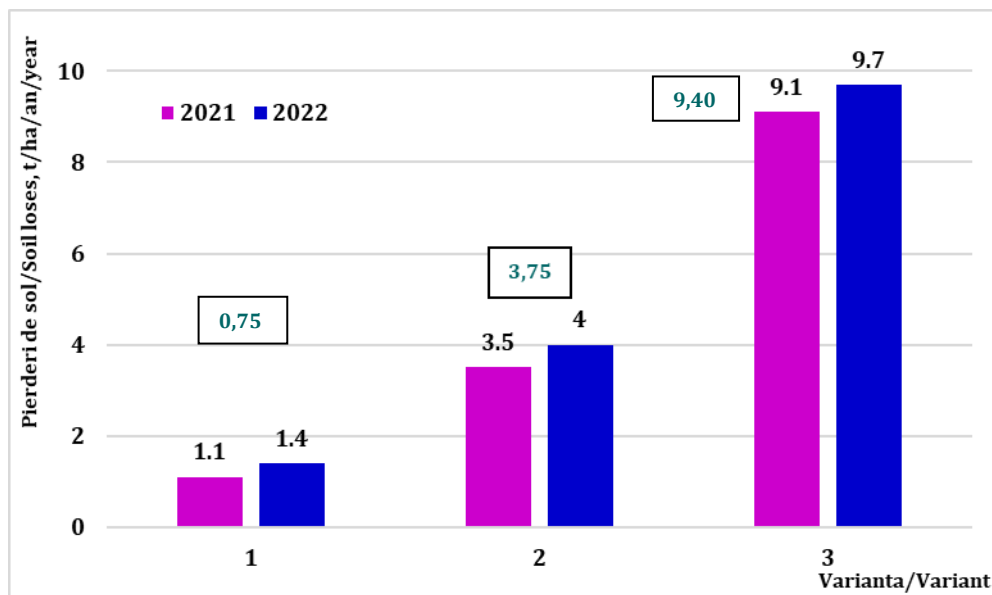
Experimentele au fost realizate în vederea studiului nivelului de eroziune de suprafață a solului au fost efectuate observații și determinări cu privire la pierderile cantitative și calitative de sol, dar și asupra indicatorilor fizico-chimici ai calității solului (gradul total de structurare a agregatelor solului, densitatea aparentă, conductivitatea hidraulică a solului, rezerva de apă din sol, eficiența valorificării apei, reacția acidă a solului, conținutul în humus, conținutul în fosfor mobil, conținutul în potasiu mobil și productivitatea culturii porumbului și pajiștilor) la care se adaugă studiul productivității terenului erodat în pantă, prin luarea probelor analize de laborator, calculul și interpretarea rezultatelor și formularea concluziilor pertinente cu privire la tematica abordată. Pentru studiul soluțiilor de ameliorare a solului erodat în pantă, pentru care în cadrul tezei de doctorat am propus utilizarea îngrășămintelor verzi, au fost utilizate speciile de plante considerate adecvate pentru a fi utilizate în calitate de îngrășăminte verzi. Observațiile au fost realizate prin intermediul aceluiași indicatori fizico-chimici utilizați în cazul studiului eroziunii solului

Metodele statistice utilizate se referă la utilizarea metodei celor mai mici pătrare ($LSD_{5\%}$) pentru calculul diferențelor dintre variantele experimentale la pragul de semnificație 5%. Au fost calculate componentele statisticii de bază, corelațiile simple

Pearson s-a aplicat analiza multivariată, prin componenta sa Analiza Factorilor Principali (PCA) în vederea testării nivelului de corelație al varianței factorilor principali identificați ca influențând indicatorii luați în studiu cu fiecare dintre elementele de interes caracteristice studiului efectuat. În vederea prelucrării statistice a fost utilizat programul STATISTICA v.8.0 for Windows.

6. Rezultate și discuții

Rezultatele obținute în urma derulării experimentelor aferente tezei de doctorat, evidențiază posibilități de valorificare a îngrășămintelor verzi în vederea ameliorării solurilor arabile în pantă într-un dispozitiv experimental localizat într-o zonă reprezentativă pentru studiul de față, respectiv Valea Mare de Criș, județul Bihor. Pentru evaluarea nivelului de eroziune de suprafață terenului, a influenței acesteia asupra producției de porumb și a efectului utilizării îngrășămintelor verzi, în funcție de amplasament la nivelul pantei, sunt analizați indicatori stabiliți în acest scop. În vederea studiului eroziunii de suprafață a terenului localizat în câmpul experimental, sunt analizate: pierderile cantitative și calitative de sol, influența eroziunii asupra însușirilor fizico-chimice ale solului, productivitatea la cultura porumbului și factorii principali implicați în proces, în funcție de variantele experimentale.



1 - Varianta martor, pajiște; 2 - Varianta experimentală cultivată cu porumb, pe curbe de nivel; 3 - Varianta experimentală cultivată cu porumb, în direcția deal-vale.

Fig. 6.1. Pierderile de sol înregistrate la nivelul terenului arabil erodat, corespunzător variantelor experimentale, în perioada 2021 - 2022

Rezultatele obținute în câmpul experimental pe versantul erodat cu panta de 10% evidențiază diferențe semnificative statistic între producțiile de porumb obținute la baza versantului comparativ cu producțiile obținute la vârful versantului. Diferențele sunt mai mari în situația în care porumbul s-a cultivat în direcția deal – vale și nu pe direcția curbelor de nivel. Între producțiile de porumb corespunzătoare variantelor experimentale, conform testului celor mai mici pătrate ($LSD_{5\%}$), se înregistrează diferențe semnificative statistic. La baza versantului se înregistrează medii superioare ale producției de porumb, atât pentru amplasamentul culturii pe curbe de nivel (varianta 2b, 5,01 t/ha), cât și în direcția deal – vale (varianta 3b, 4,97 t/ha). Față de valoarea înregistrată corespunzător variantei 2a, diferențele sunt mai mari cu 19.86% în cazul variantei experimentale 2b corespunzătoare culturii porumbului pe curbe de nivel la baza versantului și cu 19.86% în cazul variantei experimentale 3b corespunzătoare culturii porumbului pe direcția deal – vale la baza versantului, în timp ce în cazul variantei experimentale 3a corespunzătoare culturii porumbului pe direcția deal – vale la vârful versantului, producția este inferioară cu 11,96% comparativ cu varianta 2a (Tabelul 6.23).

Tabelul 23

Producția de porumb înregistrată la nivelul terenului arabil erodat corespunzător variantelor experimentale, în perioada 2019 – 2020

Specificare/Issue	t/ha	%
Varianta experimentală 2a cultivată cu porumb, pe curbe de nivel, vârf	4.18b	100
Varianta experimentală 2b cultivată cu porumb, pe curbe de nivel, bază	5.01b	119,86
Varianta experimentală 3a cultivată cu porumb, în direcția deal-vale, vârf	3.68b	88,04
Varianta experimentală 3b cultivată cu porumb, în direcția deal-vale, vârf	4.97b	119,14
Media	4,46	
CV (%)	14,28	
$LSD_{5\%}$	11,344	
F	3,429*	

CV% – coeficientul de variație; LSD – cele mai mici diferențe semnificative; F – Fisher coefficient; diferențele dintre mediile cu aceeași literă sunt ne semnificative statistic/ a - p > 0,05%; b - p > 0.05%.

Mediile producției de porumb înregistrate la vârful pantei, pentru cultivarea pe curbe de nivel, prezintă cele mai ridicate valori pentru variantele 7a, 6a și 3a, respectiv 6,14 t/ha, 6,08 t/ha și 5,92 t/ha fertilizate convențional $N_{90}P_{45}K_{90}$, organic cu gunoi de grajd și prin administrare de îngrășăminte verzi (lupin + secară + rapiță). Cea mai scăzută medie corespunde variantei 1a martor, respectiv 4,18 t/ha (Tabelul 6.55).

În ceea ce privește producția de porumb înregistrată la baza pantei, mediile înregistrate pentru cultivarea pe curbe de nivel, prezintă cele mai ridicate valori pentru variantele 7b, 6b, 5b și 3b, respectiv 7,51 t/ha, 7,45 t/ha și 6,83 t/ha fertilizate convențional $N_{90}P_{45}K_{90}$ (7b), organic cu gunoi de grajd (6b) și prin administrare de îngrășăminte verzi în amestec (lupin + secară + rapiță, 3b; măzărliche + raigras + secară, 5b). Cea mai scăzută medie corespunde variantei 1b martor, respectiv 5,01 t/ha (Tabelul 6.56).

Tabelul 6.55

Producția de porumb înregistrată la nivelul terenului arabil erodat (vârful pantei) în condițiile folosirii fertilizării cu îngrășăminte convenționale și neconvenționale, în perioada 2019 – 2020

Varianta experimentală	t/ha	%	Varianta experimentală	t/ha	%
Porumb cultivat în terenul în pantă pe curbe de nivel			Porumb cultivat în terenul în pantă pe direcția deal-vale		
1a	4.18bc	100	8a	3.68cd	100
2a	5.27ab		9a	4.95ac	
3a	5.92ab		10a	5.47ad	
4a	5.18ab		11a	4.62ac	
5a	5.48ab		12a	5.29ad	
6a	6.08ac		13a	5.48ad	
7a	6.14ac		14a	5.53ad	
Media	5.46		Media	5.01	
CV (%)	12.53		CV (%)	13.42	
LSD _{5%}	7.5.12		LSD _{5%}	6.523	
F	3,115*		F	4.091*	

1 - Varianta 1 martor, nefertilizată; 2 - Varianta experimentală 2, lupin; 3 - Varianta experimentală 3, lupin + secară + rapiță; 4 - Varianta experimentală 4, mazărichetch; 5 - Varianta experimentală 5, mazăriche + raigras + secară; 6 - Fertilizare organică, cu gunoi de grajd, 60 t/ha; 7 - Fertilizare convențională, N₉₀P₄₅K₉₀; CV% - coeficientul de variație; LSD - cele mai mici diferențe semnificative; F - Fisher coefficient; diferențele dintre mediile cu aceeași literă sunt ne semnificative statistic; a - p > 0,05%; b - p < 0,05; c - p < 0,01; d - p < 0,001.

Tabelul/Table 6.56

Producția de porumb înregistrată la nivelul terenului arabil erodat (baza pantei) în condițiile folosirii fertilizării cu îngrășăminte convenționale și neconvenționale, în perioada 2019 – 2020

Varianta experimentală	t/ha	%	Varianta experimentală	t/ha	%
Porumb cultivat în terenul în pantă pe curbe de nivel			Porumb cultivat în terenul în pantă pe direcția deal-vale		
1b	5.01cd	100	8b	4.97d	100
2b	6.83abc		9b	6.53abd	
3b	7.41bd		10b	7.24abd	
4b	6.22ab		11b	6.08ad	
5b	6.83ab		12b	6.49ad	
6b	7.45abd		13b	7.29abd	
7b	7.51abd		14b	7.33abd	
Media	6.75		Media	6.56	
CV (%)	13.28		CV (%)	12.98	
LSD _{5%}	5.963		LSD _{5%}	5.119	
F	3.623*		F	4,391*	

1 - Varianta 1 martor, nefertilizată; 2 - Varianta experimentală 2, lupin; 3 - Varianta experimentală 3, lupin + secară + rapiță; 4 - Varianta experimentală 4, mazărichetch; 5 - Varianta experimentală 5, mazăriche + raigras + secară; 6 - Fertilizare organică, cu gunoi de grajd, 60 t/ha; 7 - Fertilizare convențională, N₉₀P₄₅K₉₀; CV% - coeficientul de variație; LSD - cele mai mici diferențe semnificative; F - Fisher coefficient; diferențele dintre mediile cu aceeași literă sunt ne semnificative statistic; a - p > 0,05%; b - p < 0,05; c - p < 0,01; d - p < 0,001.

Pentru mediile producției de porumb înregistrate în cazul cultivării în direcția deal-vale, cele mai ridicate valori sunt raportate pentru variantele experimentale corespunzătoare fertilizării convenționale cu $N_{90}P_{45}K_{90}$ (14b) – 7,33 t/ha, organice cu gunoi de grajd (13a) – 7,29 t/ha și prin administrare de îngrășăminte verzi (lupin + secară + rapiță, 10a) – 7,24 t/ha iar cea mai scăzută pentru varianta 8b martor, respectiv 4,97 t/ha (Tabelul 6.56).

Diferențele dintre producțiile de porumb sunt asigurate statistic, în toate cazurile la diferite praguri de semnificație. Atât pentru sistemul de cultivare pe curbe de nivel, cât și pentru cel în direcția deal – vale, conform testului celor mai mici diferențe, calculate pentru pragul de semnificație 5% ($LSD_{5\%}$), se înregistrează diferențe semnificative statistic între mediile producției de porumb, în funcție de variantele experimentale (Tabelul 6.56).

7. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Conform rezultatelor studiului de față, se observă că pierderile de sol și de nutrienți (humus, fosfor, potasiu), înregistrate la nivelul terenului arabil, în condițiile pedoclimatice ale câmpului experimental localizat pe un versant situat pe teritoriul comunei Valea Mare de Criș, județul Bihor, cu panta de 12%, sunt înregistrate valori ce depășesc limitele maxime admise dor în cazul culturii porumbului în direcția deal – vale, respectiv: 9,2 t/ha/an în anul 2019 – 9,5 t/ha/an în anul 2020 pentru pierderi de sol, (210 kg/ha/an în anul 2019 și 226 kg/ha/an în anul 2020 pentru humus, (3,22 kg/ha/an în anul 2019 și 3,20 kg/ha/an în anul 2020) pentru fosfor și (2,54 kg/ha/an în anul 2019 și 2,68 kg/ha/an în anul 2020, pentru potasiu.

Cele mai ridicate medii ale producției de porumb sunt raportate în cazul tehnologiei de cultură pe curbe de nivel, atât pentru vârful versantului (4,18 t/ha), cât și pentru baza acestuia (5,01 t/ha), iar diferențele dintre producții atât între cele raportate pentru baza și vârful versantului cât și față de cele aferente tehnologiei de cultură în direcția deal – vale sunt asigurate statistic ($LSD_{5\%}$). Între producțiile de porumb înregistrate în funcție de varianta experimentală sunt identificate corelații puternice și foarte puternice. Au fost luați în considerare aceiași doi factori principali din totalul celor patru identificați ca și în cazul indicatorilor fizico-chimici studiați, respectiv varianta experimentală și amplasamentul culturii. Varianta experimentală este factorul principal corelat pozitiv cu tehnologia de cultură a porumbului în direcția deal – vale la baza versantului iar amplasamentul este factorul principal corelat foarte puternic, pozitiv, cu tehnologia de cultură pe curbe de nivel, tot la baza versantului. Se constată faptul că cea mai puternică influență asupra producției o are amplasarea culturii la baza versantului.

Cele mai ridicate medii ale pH-ului, care evidențiază o reacție slab acidă sunt raportate pentru fertilizarea realizată la baza versantului în cazul tehnologiei de cultură a porumbului în direcția deal – vale, cu îngrășăminte verzi în amestec lupin + secară + rapiță respectiv 6,39 unități de pH și mazărice + raigras + secară, respectiv

6,23 unități de pH, iar cele mai scăzute în cazul tehnologiei de cultură a porumbului pe curbe de nivel, pentru lipsa fertilizării (5,64 unități de pH) și administrarea fertilizării solul cu îngrășământ verde în cultură pură, măzăriche (5,82 unități de pH). Cele mai ridicate medii ale conținutului în nutrienți al solului localizat în câmpul experimental sunt raportate pentru administrarea îngrășămintelor verzi în amestec lupin + secară + rapiță, pentru tehnologia de cultură a porumbului pe curbe de nivel: 2,96 ppm (la baza versantului) pentru humus, 38,95 ppm pentru fosfor mobil încadrat în categoria mediu aprovizionat și 198,66 ppm pentru potasiu mobil încadrat în categoria mediu aprovizionat.

Între producțiile de porumb înregistrate, în funcție de soluția de fertilizare cu îngrășămintele verzi, sunt identificate corelații puternice și foarte puternice. Au fost luați în considerare aceiași doi factori principali din totalul celor patru identificați ca și în cazul indicatorilor fizico-chimici studiați, respectiv tehnologia de cultură și amplasamentul culturii. Tehnologia de cultură este factorul principal care nu este corelat pozitiv cu nicio soluție de fertilizare, în timp ce amplasamentul culturii este factorul principal corelat foarte puternic, pozitiv, cu: administrarea de îngrășămintele verzi în amestec lupin + secară + rapiță, administrarea fertilizării în cultură pură cu îngrășământ verde lupin și respectiv, măzărichei și măzăriche + raigras + secară și administrarea fertilizării convenționale cu $N_{90}P_{45}K_{90}$.

Pe baza rezultatelor studiului de față, referitoare la reducerea pierderilor de sol, dar și de nutrienți (humus, fosfor, potasiu), în condițiile pedoclimatice ale câmpului experimental localizat pe un versant situat pe teritoriul comunei Valea Mare de Criș, județul Bihor, cu panta de 12%, se recomandă evitarea tehnologiei culturii porumbului în direcția deal – vale. Ca urmare a rezultatelor studiul indicatorilor fizico-chimici ce prezintă importanță în aprecierea nivelului de eroziune a terenului din câmpul experimental ce evidențiază faptul că aceștia sunt influențați puternic atât de tehnologia de cultură, cât și de amplasamentul acesteia, se recomandă ca în cazul terenurilor erodate în pantă amplasarea culturilor să se realizeze în funcție de specificul acesteia, o productivitate mai ridicată obținându-se, însă în cazul culturilor pe curbe de nivel. Analiza posibilităților de folosire a îngrășămintelor verzi pentru ameliorarea solurilor arabile în pantă realizate prin studiul indicatorilor fizico-chimici evidențiază avantajele utilizării, cu precădere a amestecurilor acestora. Astfel, pentru îmbunătățirea gradului total de structurare a agregatelor solului cu diametrul mai mare de 25 mm se recomandă administrarea amestecului măzăriche + raigras + secară, în timp ce pentru reducerea densității aparente și a rezistenței de penetrare a solului și creșterea conductivității hidraulice și a eficienței valorificării apei, se recomandă administrarea amestecului de îngrășămintele verzi lupin + secară + rapiță. De asemenea, se recomandă administrarea amestecului de îngrășămintele verzi lupin + secară + rapiță în vederea corectării acidității solului și îmbunătățirii conținutului în nutrienți ai acestuia (humus, fosfor mobil, potasiu mobil), în condițiile pedoclimatice ale zonei Valea Mare de Criș, județul Bihor. În practica administrării îngrășămintelor verzi, se recomandă acordarea unei atenții sporite amplasamentului culturii pe curbe de nivel, sau în direcția deal – vale, în vederea ameliorării indicilor fizico-chimici ai nivelului de

eroziune a solului. Referitor la aspectele productive ce vizează cultura porumbului, pe baza studiilor efectuate în cadrul prezentei teze de doctorat, se recomandă de asemenea administrarea amestecului de îngrășăminte verzi lupin + secară + rapiță în condițiile amplasării culturii pe curbe de nivel.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. ATLASUL GEOGRAFIC GENERAL AL ROMÂNIEI, 1980, <https://www.geotutorials.ro/atlas-geografic/harti-romania/atlas-geografic-1980/>
2. BENICASA P., G. TOSTI, F. TEI, M. GUIDUCCI, 2010, Actual N Availability from Winter Catch Crops Used for Green Manuring in Maize Cultivation, *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(7), 705-723.
3. GABRIEL J.L., M. QUEMADA, 2011, Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: yield, N uptake and fertiliser fate, *Eur. J. Agron.* 34, 133–143.
4. MUQI X., R. SUN, LIDING C., 2018, Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis, *Science of The Total Environment*, 645, 753-760.
5. **CANDREA C., M. DÎRJA, 2023, The Hidrostability of Eroded Soil Aggregates *ProEnvironment*, 16(55), 134-137**
6. **CANDREA C., M. DÎRJA, 2024a, The Soil Erosion and Water, *ProEnvironment*, 17(57), 36-39.**
7. **CANDREA C., M. DÎRJA, V. DODEA, 2024b, Testing the Influence of Erosion on Soil Chemical Indicators, *ProEnvironment, XIII, Scientific Papers, Series E. Land Reclamation. Earth Observation&Surveying, Environmental Engineering. In Press.***
8. ROMAN I., 2008, Conservarea solului și prevenirea inundațiilor. Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
9. SALMERÓN M., J. CAVERO, D. QUÍLEZ, R. ISLA, 2010, Winter cover crops affect monoculture maize yield and nitrogen leaching under irrigated Mediterranean conditions, *Agron. J.*, 102, 33–42.
10. XIONG M., R. SUN, L. CHEN, 2018, Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis, *Science of The Total Environment*, 645, 753-760.