
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Rolul îngrășămintelor verzi în ridicarea nivelului de fertilitate a solurilor acide din nord-vestul României

Doctorand Peter-Balázs Ács

Conducător de doctorat Prof. univ. dr. Ioan Păcurar



INTRODUCERE

Utilizarea asociată a îngrășămintelor chimice și naturale reprezintă o abordare promițătoare pentru corectarea rapidă a deficiențelor de nutrienți și îmbunătățirea structurii solului. Adaptarea și aplicarea acestei abordări în funcție de necesitățile specifice ale solului și culturilor potențează beneficiile acestor două tipuri de îngrășăminte, contribuind la creșterea sustenabilă a producției agricole. Folosirea îngrășămintelor verzi și a culturilor de acoperire aduc multiple beneficii, inclusiv reducerea evaporării apei din sol, prevenirea eroziunii, menținerea temperaturii optime și îmbunătățirea structurii solului. Îngrășămintele verzi, atunci când sunt integrate în sol, eliberează substanțe nutritive esențiale. Un articol de cercetare de referință a evidențiat creșterea conținutului de carbon organic și îmbunătățirea structurii solului după aplicarea îngrășămintelor verzi. Aceste pot spori activitatea microorganismelor benefice din sol. Cercetătorii a arătat creșterea biomasei microbiene în solul tratat cu îngrășămintele verzi.

1. Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat cuprinde în total 132 pagini și a fost structurată în două părți:

- Stadiul actual al cunoașterii – partea I (39 pagini)
- Contribuția personală – partea II a (93 pagini)

Cea de a doua parte a tezei, cuprinde un număr de 93 pagini, ce sunt structurate în 6 capitole și care prezintă obiectivele cercetării, descrierea zonei experimentale, materialele și metodele de lucru, rezultatele obținute și discuțiile, concluziile și recomandările în urma rezultatelor obținute, precum și originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

2. Obiective

Scopul principal al cercetărilor este de a determina efectele îngrășămintelor verzi și a combinațiilor acestora cu fertilizanți chimici asupra fertilității solului și a culturilor agricole principale (grâu, porumb, floarea-soarelui).

În acest context, pentru elaborarea tezei de doctorat, au fost propuse obiectivele următoare:

- Determinarea efectului îngrășămintelor verzi asupra elementelor nutritive ale solului
- Evaluarea influenței îngrășămintelor verzi asupra pH-ului solului

- Analiza impactului îngrășămintelor verzi asupra gradului de îmburuienare a culturilor principale
- Determinarea efectului îngrășămintelor verzi asupra manifestării bolilor și dăunătorilor
- Determinarea impactului îngrășămintelor verzi asupra indicilor de calitate ai culturilor principale
- Determinarea influenței îngrășămintelor verzi asupra producției culturilor principale

3. Material și metodă

Experiența a fost amplasată pe câmpurile experimentale de la SCDA Livada și a inclus trei culturi principale: grâu, floarea soarelui și porumb, cărora le-a fost aplicată aceeași metodă experimentală, folosind variante identice. Pentru fiecare cultură a fost respectată tehnologia de cultură specifică zonei Livada și regiunii de nord-vest a României, adaptată condițiilor pedoclimatice locale și cerințelor specifice fiecărei plante cultivate.

Experiența a fost realizată conform metodei parcelor subdivizate, cu trei repetiții și a inclus trei factori experimentali principali.

Factorul A este reprezentat de speciile de plante folosite ca îngrășămintă verzi:

- A1 – Martor (fără îngrășămintă verde)
- A2 – Rapiță;
- A3 – floarea soarelui;
- A4 – Soia;
- A5 – Mazăre;
- A6 – Triticale.

Au fost semănate în iunie, imediat după recoltarea culturii preemergătoare, care în cazul nostru a fost ovăz, și au fost încorporate în sol în stare verde toamna, aproximativ în fenofaza de înflorire.

Factorul B este reprezentat de îngrășămintă chimică Nitrocalcar $NH_4NO_3 + CaMg(CO_3)_2$, 450 kg/ha cu două graduări:

- B1 – fertilizat chimic;
- B2 – nefertilizat chimic.

Factorul C s-a aplicat doar la cultura de grâu și este reprezentat de tratament fungicid, cu o compoziție de substanțele active protriokonazol 53 g/L + spiroxamină 224 g/L + tebuconazol 148 g/. Doza de aplicare a fost de 0,750 L/ha, aplicat în două fenofaze, factorul C având două graduări:

- C1- netratat;
- C2 – tratat.

4. Rezultate și discuții

4.1. Determinarea masei vegetale și a azotului în culturile de îngrășământ verde

Rezultatele obținute arată că floarea-soarelui a obținut cea mai mare cantitate de masă vegetală în anul 2023, a atins valoarea de 52,6 t/ha. Cea mai scăzută cantitate de masă verde s-a obținut la varianta soia în anul 2022 cu 0,5 t/ha. În anul 2023 varinata de îngrășământ verde mazăre a avut cea mai mică cantitate cu o valoare de 2,5 t/ha, din cauza condițiilor climatice nefavorabile.

Determinarea cantității de azot din speciile de plante a fost realizată cu metoda Kjeldahl. Valoarea cea mai ridicată a fost înregistrată la cultura de mazăre în 2022, unde cantitatea de azot acumulat a atins 471,74 kg/ha. Această valoare reflectă capacitatea mazării de a fixa azot atmosferic prin simbioză cu bacterii fixatoare (*Rhizobium*). Culturile de rapiță și triticale au prezentat valori stabile între ani, cu acumulări moderate de azot.

4.2. Evoluția caracteristicilor agrochimice ale solului

Rapița, în combinație cu fertilizarea chimică, menține pH-ul stabil în culturile de grâu și floarea-soarelui, iar în varianta nefertilizată, pH-ul solului crește semnificativ în floarea-soarelui, atingând 6,46 în al doilea an. În schimb, mazărea și triticalele contribuie la acidifierea solului, în special în varianta nefertilizată, indicând un pH mai scăzut, mai ales în primul an.

Rezultatele arată că îngrășămintele verzi, în combinație cu fertilizarea chimică, pot îmbunătăți fertilitatea solului, în special în cazul speciilor precum floarea soarelui și soia, însă eficiența variază în funcție de specie și tratament.

În 2023, matorul F a înregistrat valori mai mari de N_t (0.163%) și humus (1.66%) față de Matorul N. Îngrășămintele verzi precum soia fertilizată (F) au avut un impact pozitiv semnificativ, cu valori ridicate de N_t (0.150%) și humus (1.59%). În schimb, mazărea nefertilizată (N) a avut cel mai scăzut conținut de N_t (0.110%) și humus (1.54%).

În 2024, al doilea an după încorporarea îngrășămintelor verzi, Floarea-soarelui F a demonstrat cea mai mare eficiență, cu valori de N_t (0.153%) și humus (1.69%), subliniind rolul său benefic. În contrast, matorul F a înregistrat o reducere semnificativă a N_t (0.065%), indicând o posibilă epuizare a azotului din sol. De asemenea, triticalele fertilizate (F) au prezentat valori scăzute de N_t (0.054%) și humus (1.58%).

4.3. Influența îngrășămintelor verzi asupra culturii de grâu

4.3.1. Influența asupra îmburuienării

Rapița pare să posede proprietăți allelopatiche ce inhibă germinarea buruienilor, iar efectul similar, dar mai moderat, se remarcă și la mazăre. În contrast, matorul a prezentat valori intermediare. Specia dominantă este *Cirsium arvense*, cu 40% din totalul buruienilor, urmată de *Stellaria media* (24%) și *Convolvulus arvensis* (17%). Restul speciilor, precum *Gypsophila paniculata* (8%), *Raphanus raphanistrum* și *Apera spica-venti* (câte 5%), au o pondere mai redusă, în timp ce *Matricaria inodora*, *Viola arvensis* și *Galium aparine* sunt aproape absente.

4.3.2. Influența asupra conținutului de proteine

Rezultatele arată că, în anul 2023, comparativ cu matorul, doar varianta cu îngrășământ verde mazăre a înregistrat o diferență pozitivă semnificativă. Restul variantelor nu au prezentat diferențe semnificative din punct de vedere statistic.

În anul 2024, varianta mator a avut un nivel de 10,78% proteine, fără diferențe semnificative între variantele experimentale. La nivelul mediei anilor, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între variante. Totuși, la nivelul interacțiunii anilor, varianta cu îngrășământ verde mazăre a prezentat o diferență pozitivă semnificativă, atingând un conținut de 11,09% proteine în cultura de grâu.

4.3.3. Influența asupra conținutului de gluten

Mazărea s-a distins prin efectul său pozitiv consistent, înregistrând valori semnificativ mai mari ale conținutului de gluten atât în anul 2023 (17.82% față de 15.59% la mator), cât și la nivelul mediei anilor (17.15% față de 15.70%), în timp ce rapița a avut un efect negativ constant, cu valori semnificativ mai mici în ambele ani de studiu.

4.3.4. Influența asupra masei hectolitrică

În ceea ce privește masa hectolitică, mazărea a înregistrat cele mai consistente rezultate pozitive, cu o valoare medie semnificativ mai mare (74,38 kg/hl) comparativ cu matorul (73,54 kg/hl). Pe de altă parte, triticele a demonstrat un impact negativ semnificativ, cu valori substanțial mai mici în 2023 (67,54 kg/hl) și la nivelul mediei anilor (70,63 kg/hl).

4.3.5. Influența asupra masa a o mie de boabe

Îngrășămintele verzi au prezentat efecte limitate asupra MMB. Niciuna dintre culturile de îngrășămintă verzi nu a demonstrat îmbunătățiri semnificative consistente. Soia și triticele au avut tendințe negative, cu valori medii mai scăzute (42,78g și respectiv 42,30g) comparativ cu matorul (43,46g), deși diferențele au fost semnificative statistic doar în anumite condiții. Floarea-soarelui a înregistrat o ușoară creștere nesemnificativă (43,68g).

4.3.5. Influența asupra bolilor și dăunătorilor

În ceea ce privește complexul patogen la cultura de grâu din zona experimentală, aceste au fost împărțite în trei categorii, bolile rădăcinii și a bazei tulpinii reprezentat de *Cercospora herpotrichoides*, boli foliare *Septoria sp.* și bolile spicului *Cladosporium herbarum*.

Cel mai mare grad de atac de *Cercospora* s-a înregistrat la varianta cu triticalele cu o valoare medie de 24,63%, cu 8,91% mai mare față de martor având o diferență foarte semnificativ pozitivă. Cel mai scăzut grad de atac s-a înregistrat la varianta soia cu o diferență de -2,41%, fără semnificație statistică.

La spic gradul de atac al patogenului *Cladosporium sp.* s-a înregistrat scăderi ale gradului de atac doar la varianta martor cu o diferență minoră de -0,02%, fiind o diferență nesemnificativă. Cel mai ridicat nivel de atac s-a înregistrat la varianta triticale de 14,28%.

Rezultatele indică o corelație foarte slabă ($R^2 = 0,034$) între cele două variabile, ceea ce sugerează că nivelul de uscăre al frunzelor nu este puternic influențat de gradul de atac de *Septoria spp.* în cazul frunzelor 1-3.

4.3.6. Influența îngrășămintelor verzi asupra producției

Față de martorul nefertilizat chimic, se remarcă inferioritatea semnificativă a variantei rapiță nefertilizat chimic și distinct semnificativă a variantei floarea soarelui fără îngrășământ chimic. Prin fertilizare chimică toate variantele au adus sporuri foarte semnificative față de martorul nefertilizat chimic.

Influența factorului îngrășământ verde asupra producției de grâu în primul an după aplicarea îngrășămintelor verzi indică diferențe negative de producție față de martor pentru toate variantele, cu diferențe distinct semnificative la varianta soia (-396 kg/ha) sau foarte semnificative la varianta rapiță, floarea soarelui și triticale, exceptând varianta mazăre. În cazul acesteia, deși diferența este negativă (-115 kg/ha), nu este semnificativă statistic.

4.4. Influența îngrășămintelor verzi asupra culturii de floarea soarelui

4.4.1. Influența asupra îmburuienării

Cea mai mare îmburuienare a fost înregistrată în varianta martor nefertilizată (126 plante/m²), urmată de varianta cu floarea-soarelui ca îngrășământ verde (100 plante/m²). Rapița și triticalele au avut cele mai reduse valori în variantele nefertilizate (43, respectiv 31 plante/m²), indicând un efect benefic în limitarea buruienilor. Fertilizarea chimică a crescut nivelul de îmburuienare în toate cazurile,

Specia majoritară este *Chenopodium album*, reprezentând 74%, urmată *Ambrosia artemisiifolia* cu 12%, iar restul speciilor, precum *Raphanus raphanistrum*,

Apera spica-venti, *Convolvulus arvensis*, *Cirsium arvense* și *Echinochloa crus-galli*, au ponderi între 1–3%.

4.4.2. Influența asupra bolilor și dăunători dăunătorilor

În complexul de agenți patogeni care afectează culturile de floarea-soarelui, *Septoria helianthi* a fost cel mai predominant. Severitatea infecției cu *Septoria helianthi* a atins un vârf de 73,5% în varianta de martor nefertilizat, în timp ce cea mai mică incidență, de 40%, a fost observată în varianta de rapiță nefertilizată. Cea mai mare medie a fost înregistrată în varianta de îngrășământ verde de mazăre, atât în variantele fertilizate, cât și în cele nefertilizate, depășind un grad de atac mediu de 70%.

4.4.3. Influența asupra conținutului de grăsimi

Cele mai marcante rezultate au fost observate la culturile de triticale și soia, care în anul 2023 au determinat creșteri semnificative ale conținutului de grăsimi, atingând valori de 47,40% respectiv 46,77% față de martorul de 44,38%. Rapița a demonstrat o influență pozitivă mai consistentă, menținând valori peste martor atât în 2023 (45,72%) cât și în 2024 (44,60%), deși aceste diferențe nu au atins pragul de semnificație statistică.

4.4.4. Influența asupra masei hectolitrice

Rapiță și soia au demonstrat un efect negativ consistent, înregistrând valori semnificativ mai mici comparativ cu martorul atât în 2023 cât și la nivelul mediei anilor. Rapița a înregistrat o scădere medie de 0,83 kg/hl (41,53 kg/hl față de 42,37 kg/hl la martor), iar soia a prezentat o reducere similară de 0,92 kg/hl.

4.4.5 Influența asupra masa a o mie de boabe

În anul 2023, majoritatea variantelor au înregistrat valori semnificativ mai mici ale MBB față de martor, cu diferențe extreme în cazul triticale (-8,47g), soiei (-7,10g) și floarea-soarelui (-4,63g). Acest model s-a inversat dramatic în 2024, când soia (+3,66g), mazărea (+4,57g) și floarea-soarelui (+2,27g) au demonstrat creșteri semnificative. La nivelul mediei anilor, doar mazărea a menținut un efect pozitiv semnificativ (+1,55g), în timp ce triticale a continuat să arate un impact negativ pronunțat (-4,46g).

4.4.1. Influența asupra producție de floarea soarelui

În 2023 cele mai bune rezultate au fost obținute la varianta cu soia (3060 kg/ha) și mazărea (3194 kg/ha), care au prezentat diferențe distinct semnificative, cu sporuri de 1009 kg/ha și, respectiv, 1143 kg/ha față de martor. În schimb, triticalele au avut o producție de 2447 kg/ha, cu o diferență nesemnificativă statistic față de martor (-396 kg/ha).

În 2024 Martorul a avut o producție de 1813 kg/ha, rapița a înregistrat un spor de 232 kg/ha. Mazărea a avut cea mai mare producție, cu 2741 kg/ha, generând un spor foarte semnificativ pozitiv (929 kg/ha). De asemenea, floarea-soarelui și soia

au avut sporuri semnificative foarte mari (634 kg/ha și 581 kg/ha). Triticalele au înregistrat un spor de 720 kg/ha.

4.5. Influența îngrășămintelor asupra cultura porumbului

4.5.1 Influența asupra gradului de îmburuienare

Se observă că varianta martor, prezintă cel mai redus grad de îmburuienare, cu valori apropiate între fertilizat și nefertilizat (42-45 buruieni/mp). În cazul îngrășămintelor verzi, se remarcă o tendință generală de creștere a îmburuienării. Rapița determină o ușoară creștere, cu valori ce urcă la 55-60 buruieni/mp, iar diferența dintre variantele fertilizate și nefertilizate rămâne moderată. Varinata cu floarea-soarelui, în schimb, prezintă o creștere mai accentuată a numărului de buruieni, mai ales în varianta nefertilizată.

Compoziției florei de buruieni arată o dominanță clară a speciilor anuale, cele mai răspândite fiind *Echinochloa crus-galli* (41%) și *Chenopodium album* (31%). Pe locul al treilea se află *Eriochloa villosa* (11%). Dintre speciile perene, *Equisetum arvense* (7%) și *Cirsium arvense* (6%) au o prezență semnificativă, fiind cunoscute pentru dificultatea cu care pot fi combătute, mai ales în absența unei strategii integrate.

4.5.2. Influența asupra bolilor și dăunătorilor

Influența îngrășămintelor verzi asupra gradului de atac al *Fusarium spp.* în cultura de porumb a variat între 0,87% la mazăre și 1,36% la soia, iar în cazul frecvenței atacului de *Ostrinia nubilalis*, valorile au oscilat între 40% mazăre și 55% soia. Deși s-au înregistrat diferențe între variante comparativ cu martorul, acestea nu au fost semnificative statistic, ceea ce indică o influență limitată a acestui factor asupra celor doi parametri analizați

4.5.3. Influența asupra conținutului de amidon

Mazărea a fost singura variantă care a demonstrat un efect semnificativ negativ asupra conținutului de amidon, înregistrând o scădere de 1,07% în anul 2023 (74,68% față de 75,75% la martor,) și o reducere medie de 0,60% pe parcursul celor doi ani (74,65% față de 75,25%).

4.5.4. Influența asupra masei hectolitrice

Mazărea a demonstrat un efect negativ consistent, înregistrând valori semnificativ mai mici atât în anul 2023 (68,03 kg/hl față de 69,38 kg/hl la martor) cât și la nivelul mediei anilor (67,08 kg/hl față de 68,20 kg/hl).

4.5.5. Influența asupra masa a o mie de boabe

Triticale s-a distins prin efectul său pozitiv consistent, înregistrând creșteri semnificative atât în 2023 (301,83g, +14,50g față de martor) cât și în 2024 (290,00g, +13,67g), precum și la nivelul mediei anilor (+14,15g). Pe de altă parte, rapița a

demonstrat un efect negativ pronunțat, cu reduceri semnificative de până la -16,67g în 2023 și -16,25g la medie.

4.5.6 Influența asupra producției de porumb

În anul experimental 2023, mărtoșul a avut o producție de 5464 kg/ha. Rapița a înregistrat un spor foarte semnificativ pozitiv de 2538 kg/ha. Floarea-soarelui (1816 kg/ha), soia (2325 kg/ha) și mazărea (2967 kg/ha) au avut sporuri foarte semnificative, iar varianta cu îngrășământ verde mazăre a obținut cea mai mare producție, de 8432 kg/ha. Triticalele au avut o producție mai mică (643 kg/ha), dar distinct semnificativă statistic.

În anul 2024 mărtoșul a obținut o producție de 3290 kg/ha, mazărea a avut cel mai mare spor (1083 kg/ha) și o semnificație statistică distinctă. Soia a înregistrat un spor de 1504 kg/ha. Floarea-soarelui și rapița au avut sporuri moderate (675 kg/ha și 179 kg/ha), dar nesemnificative statistic. Triticalele au obținut cel mai mare spor (3532 kg/ha) cu o diferență foarte semnificativ pozitivă.

5. Concluzii și recomandări

5.1. Concluzii privind influența îngrășămintelor verzi asupra evoluției caracteristicilor agrochimice ale solului

Alegerea plantei verzi trebuie realizată ținând cont de impactul acesteia asupra reacției solului și a capacității de mineralizare a nutrienților. Rapița și floarea-soarelui se dovedesc a fi cele mai potrivite pentru corectarea acidității și pentru menținerea unui echilibru agrochimic stabil.

5.2. Influența îngrășămintelor verzi asupra culturii de grâu

Utilizarea mazării ca îngrășământ verde este recomandată pentru grâu în vederea îmbunătățirii calității, iar fertilizarea chimică rămâne esențială pentru asigurarea unui nivel de producție competitiv.

5.3. Influența îngrășămintelor verzi asupra culturii de floarea-soarelui

Concluzia generală este că floarea-soarelui reacționează favorabil la îngrășăminte verzi cu efect supresiv asupra buruienilor (rapiță, triticales), însă calitatea recoltei poate varia considerabil, necesitând o selecție atentă a combinației de practici agricole.

5.4. Influența îngrășămintelor verzi asupra culturii de porumb

Porumbul beneficiază de o rotație agricolă în care este precedat de culturi cu aport ridicat de materie organică și capabilitate de fixare biologică a azotului, cum ar fi

mazărea sau floarea-soarelui. Alegerea acestor plante drept îngrășământ verde este justificată atât agrochimic, cât și economic.

5.5. Recomandări

Pentru zonele cu soluri acide și fertilitate scăzută, introducerea sistematică a îngrășămintelor verzi, însoțită de fertilizare chimică moderată și rotația culturilor, constituie o strategie sustenabilă și eficientă pentru îmbunătățirea pe termen lung a calității solului și a performanțelor agricole.

6. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Teza de față se remarcă printr-o serie de elemente de originalitate și contribuții inovative, atât pe plan teoretic, cât și practic-aplicativ, în contextul agriculturii durabile și al refacerii fertilității solurilor acide din nord-vestul României.

Aplicarea comparativă a mai multor specii de îngrășămintă verzi (rapiță, floarea-soarelui, mazăre, soia, triticale) în condițiile pedoclimatice specifice zonei Livada (jud. Satu Mare), reprezintă o contribuție originală prin caracterul sistematic și contextual. Evaluarea complexă a influenței îngrășămintelor verzi asupra evoluției pH-ului solului, conținutului de azot total, humus și carbon organic, în paralel cu parametri calitativi ai recoltelor (proteină, gluten, masa hectolitrică, MMB), oferă o viziune integrată, rar întâlnită în studiile aplicate în România. Modelarea relațiilor dintre pH și azot total, respectiv carbon organic, prin ecuații polinomiale, constituie o contribuție metodologică, oferind instrumente utile pentru prognoza comportamentului agrochimic al solului în funcție de managementul agricol aplicat. Demonstrarea valorii fertilizării combinate în menținerea stabilității solului și a randamentului culturilor, într-un sistem cu fertilitate natural scăzută.

Prin integrarea cunoștințelor teoretice cu observațiile din teren și analiza statistică riguroasă, teza aduce o contribuție clară la validarea științifică a rolului îngrășămintelor verzi în regenerarea resurselor naturale, consolidând poziția acestora ca alternativă viabilă la fertilizarea exclusiv minerală.