

## Capitolul II

### BENEFICIILE CULTURILOR DE ACOPERIRE ASUPRA CULTURILOR AGRICOLE

Culturile de acoperire reprezintă una din componentele agriculturii durabile care ar trebui privite ca o investiție pe termen lung în îmbunătățirea sănătății solului și a managementului fermei.

În condițiile actuale o cultură de acoperire este folosită în principal pentru a încetini eroziunea solului, a îmbunătăți sănătatea solului, a spori disponibilitatea apei, dar și pentru a ajuta la controlul buruienilor, dăunătorilor și bolilor.

Culturile de acoperire măresc randamentul culturilor, adaugă materie organică în sol, îmbunătățesc diversitatea culturilor în ferme și atrag polenizatorii. Toate acestea sunt lucruri dovedite. Valoarea folosirii culturilor de acoperire pentru a îmbunătăți eficiența și productivitatea culturilor, minimizând totodată impactul negativ asupra mediului a început să fie din ce în ce mai mult studiată (Creamer și Baldwin, 2000; Snapp și colab., 2005; Schipanski și colab., 2014; Petcu și colab., 2022).

Conceptul culturilor de acoperire nu este o noutate tehnologică. Folosirea culturilor de acoperire ca și îngrășământ verde, era cunoscută și aplicată încă din antichitate, la mijlocul secolului 20 a fost ignorată și din ce în ce mai puțin aplicată iar acum începe să fie din nou luată în considerare ca o modalitate de suplینire a îngrășămintelor sintetice. Îngrășămintele verzi erau/sunt alcătuite din diferite plante, mai ales din plante leguminoase, cultivate în mod special singure sau în amestec și care se încorporează în sol în stare verde, cu scopul de a mări fertilitatea solului și a spori cantitatea de recoltă (Vătămanu, 2012).<sup>10</sup>

În Statele Unite, plantele leguminoase sunt folosite pentru creșterea producțiilor agricole (Russel și colab., 2009), în țările asiatice se folosește lintea și mazărea ca și culturi de acoperire, pentru asigurarea stabilității culturilor de cereale de toamnă (McNeill și Winiwarter, 2004, citat de Rafiq și Bradford, 2022).

În Brazilia, unde se practică mult monocultura și fertilizarea în exces cu fertilizanți chimici au apărut probleme de eroziune și degradarea solurilor, ceea ce a condus la reconsiderarea culturilor de acoperire.

În țara noastră s-au folosit mai mult **îngrășămintele verzi în cultură pură, constituind cultura de bază** și care ocupă terenul întreaga perioadă de vegetație. Astfel, borceagul de primăvară a fost o cultură tradițională

<sup>10</sup> <https://www.agrimedia.ro/articole/folosirea-ingrasamintelor-verzi>

care s-a extins în producție mai ales în perioada 1965-1990, când sămânța de mazăre furajeră de primăvară se făcea după planuri centralizate, iar prețul de vânzare al seminței era acceptabil. Ulterior în economia de piață, în condițiile actuale, borceagul de primăvară, deși produce un furaj de calitate, are o importanță economică mai mică, datorită producțiilor plafonate și costurilor ridicate ale semințelor (Moga și colab., 2007). În consecință, cercetarea științifică a căutat găsirea unor alternative noi care să conducă la sporirea semnificativă a producției, cu costuri acceptabile.

Astfel că, după anul 2000, mazărea furajeră de primăvară a fost înlocuită cu trifoi de Alexandria, iar ovăzul, cu raigras aristat sau hibrid. Această alternativă a permis producerea unui furaj cu o valoare calitativă ridicată și două recolte abundente în zonele din sudul țării și trei recolte în zonele colinare, în timp ce costul seminței a reprezentat mai puțin de 40% din costurile seminței pentru producerea borceagului de primăvară, la care se adaugă sămânța pentru cultura succesivă (Lenuța Drăgan și Alexandrina Dihoru, 2004).

### **2.1. Culturi de acoperire: producția de biomasă și reciclarea nutrienților**

În general, elementele nutriției minerale pot varia în sol de la concentrațiile mai ridicate, excesive, până la mai scăzute, deficitare, ambele extreme afectând creșterea și distribuția plantelor în habitatele respective.

Dintre macroelemente, fosforul și potasiul manifestă o influență promptă, directă asupra fotosintezei. Influența directă a fosforului se explică prin participarea lui la formarea ATP și la fosforilările substanțelor intermediare, care participă în ciclurile reductive ale fotosintezei.

Potasiul, deși nu participă ca element constituțional la formarea substanțelor organice și nici nu intră în molecula unor enzime, datorită rolului său special în generarea turgescenței și osmoreglarea stomatelor, este direct implicat în schimbul de gaze care are loc în frunze.

Carența în potasiu mărește intensitatea respirației în frunze și scade intensitatea fotosintezei.

Azotul și sulful au o influență întârziată asupra fotosintezei, ceea ce reprezintă dovada participării lor indirecte la acest proces. Azotul intervine prin participarea sa în molecula clorofilei, la sinteza substanțelor proteice, aminoacizilor.

Sulful intervine direct prin participarea la sinteza aminoacizilor cu sulf (cisteină, cistină, metionină), care au rol în reacțiile de oxidoreducere din metabolismul plantei.

Pe lângă aceste elemente mai sunt altele la fel de importante pentru culturile agricole, cum ar fi calciu, magneziu, zinc, fier, cupru, molibden sau bor.

Creșterea conținutului de nutrienți din sol este în legătură directă cu speciile componente ale culturilor de acoperire dar și cu procentul ocupat de acestea. Leguminoasele sunt valoroase prin capacitatea lor de a fixa azotul din atmosferă și de a îmbunătăți activitatea pe termen lung a solurilor prin ciclizarea azotului și acumularea de materie organică (Silva, 2014).

Contribuțiile culturii de acoperire la conținutul de azot din sol sunt în funcție de producția de biomasă (parte aeriană și rădăcini). Problema cu, includerea leguminoaselor în componența culturilor de acoperire în zonele cu climat temperat (cum este România) o reprezintă supraviețuirea slabă la iernare și ger datorită rezistenței slabe a soiurilor de leguminoase la temperaturi scăzute, ceea ce face ca aceste beneficii să nu poată fi atinse uneori. Culturile de acoperire cu leguminoase cu performanțe slabe realizează cantități reduse de biomasă atât supra-terană, cât și subterană, reducând beneficiile potențiale ale acestor culturi prin fixarea azotului și absorbția azotului din sol.

Mineralizarea netă a azotului din descompunerea culturii de acoperire depinde de cantitatea reziduurilor, calitatea, metoda de încorporare, precum și umiditatea și temperatura solului. Astfel este cunoscut faptul că, reziduurile de leguminoase se mineralizează mai rapid decât cele ale ierburilor (O'Connell și colab., 2015). În timp ce raporturile de carbon/azot variază în funcție de stadiul de creștere și specie. O analiză a monoculturii și biculturii culturilor de acoperire cu leguminoase în nouă ferme din sud-estul Statului Michigan a arătat o creștere a mineralizării după 2 ani comparativ cu martorul (fără cultură fără acoperire), (Blesh, 2019).

Se cunosc totodată și anumite efecte pe termen mai scurt (de la aproximativ săptămâni la luni) ale încorporării resturilor culturilor de acoperire asupra parametrilor nutritivi ai solului, cum ar fi carbonul oxidabil, particulele de materie organică (carbonul și azotul), biomasa microbială, potențial mineralizabil. Acest interval de timp este de interes datorită potențialului de a furniza nutrienți unei culturi ce urmează imediat după o cultură de acoperire. Împreună cu azotul biodisponibil, acești parametri pot oferi o rezoluție mai mare a dinamicii de cuplare a nutrienților în sistemele care se bazează pe managementul ecologic al nutrienților.

Înțelegerea dinamicii dintre caracteristicile biomasei culturilor de acoperire și procesele legate de circuitul nutrienților din sol este un pas cheie pentru a obține un management durabil al nutrienților agroecosistemului în regiunile mai reci.

În țara noastră Petcu și colab. (2022) au stabilit efectele benefice ale culturii de acoperire constituită din mazăre și triticale asupra solului.

Analizele de sol efectuate pentru a vedea dacă cultura de acoperire contribuie la îmbunătățirea conținutului de carbon organic al solului au arătat efectul pozitiv al amestecului de mazăre și triticale asupra acestuia, care a fost de 1,96% față de 1,75% conținut de carbon în câmp fără acoperire, în condițiile anului 2021 (tabelul 2.1).

Aportul adus de mazărea de toamnă a fost mai mare decât cel realizat de cultura de triticale, unde valorile conținutului de carbon au fost mai mici sau egale cu cele din câmpul fără acoperire (tabelul 2.1).

Cercetările efectuate la INCDA Fundulea au arătat că reducerea conținutului de materie organică din sol prin cultivare nu este un proces ireversibil. Cecilia Neagu (2006) a evidențiat prin cercetările sale că, procentul de carbon organic crește proporțional cu doza de îngrășământ cu azot aplicată. Creșterea se referă la carbonul extractibil în soluții alcaline diluate și la carbonul acizilor humici.

Raportul C/N a fost mai mare în anul 2021 în variantele semănate cu mazăre de iarnă și amestec de mazăre de toamnă + triticale (12,63 și respectiv 11,95), indicând o materie organică de calitate, bine umezită (tabelul 2.1).

*Tabelul 2.1*

**Efectul diferitelor culturi de acoperire asupra conținutului de carbon organic și raportului Carbon/Azot din sol**

Variante	Stratul de sol (cm)	Carbon organic (%)		Carbon/Azot	
		2020	2021	2020	2021
Triticale + mazăre de toamnă	0-20	1,59	1,96	9,69	11,95
Triticale	0-20	1,10	1,75	6,70	10,62
Mazăre de primăvară	0-20	1,20	1,68	7,69	10,85
Mazăre de toamnă	0-20	1,46	1,86	9,24	12,63
Martor (fără cultură de acoperire)	0-20	1,30	1,75	8,38	11,23

Sursa: Petcu Victor și colab., 2022

Din punctul de vedere al îmbogățirii cu nutrienți ai solului, culturile de acoperire contribuie la fondul de nutrienți prin mineralizarea biomasei în descompunere sub influența biotei solului, care eliberează întreaga gamă de nutrienți a plantelor în formă absorbabilă. Acolo unde materialul în descompunere este constituit din leguminoase, îmbogățirea cu azot este predominantă din cauza naturii azotate a acestei familii de plante și, în special, a capacității rădăcinilor de a fixa azotul atmosferic în asociere simbiotică cu bacteriile. Astfel, prin ruperea sau necroza rădăcinilor, solul beneficiază în cele din urmă de această activitate de fixare a azotului. *Pueraria phaseoloides* L. o leguminoasă populară la tropice folosită ca și cultură de acoperire, a acumulat 150 și 250 kg N/ha în decurs de 4-18 luni în anumite părți ale Africii de Vest.

În cele din urmă, îmbogățirea solului în nutrienți în urma îngrășării culturilor de acoperire înseamnă, în general, o producție crescută a culturilor și economii la costurile cu îngrășăminte, în special în condițiile de fertilitate slabă, cum sunt cele din America Latină și Africa sau pentru reducerea poluării prin limitarea folosirii îngrășămintelor de sinteza.

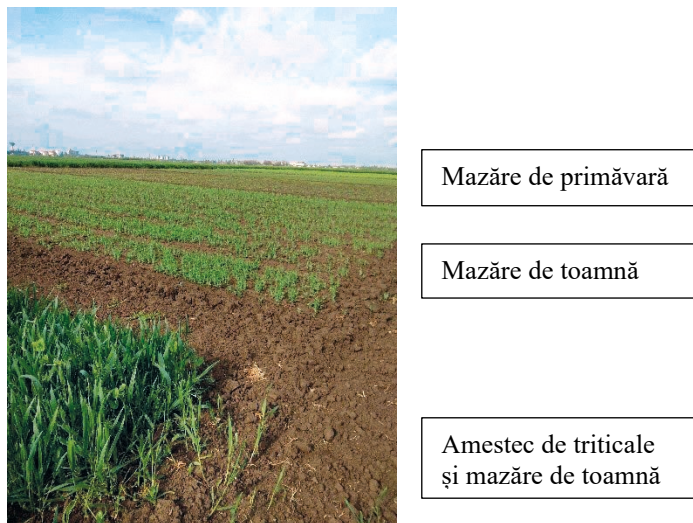
Culturile de acoperire constituite din leguminoase tropicale sunt, de asemenea, cunoscute pentru marea masă foliară pe care o dezvoltă. Unele specii contribuie cu peste 95% la realizarea totală a gunoiului și sunt deosebit de favorizate în livezi și plantații de copaci dacă sunt tolerante la umbră și necompetitive (Edward, 2005).

Cernoziomul cambic de la Fundulea a prezentat o reacție neutră pe solul neacoperit și solul cultivat cu amestecul de triticales și mazăre dar și foarte slab acid pe solul cultivat cu triticales și mazăre de toamnă, cu diferențe ne semnificative între anii de studiu (Petcu și colab., 2022). Studiile lui Romdhane și colab. (2019) au semnalat un pH semnificativ mai scăzut în parcelele care au fost irigate la semănatul culturii de acoperire în comparație cu parcelele neirigate.

Rezultatele au indicat faptul că managementul culturii de acoperire, în special terminarea culturii de acoperire și cantitatea de precipitații în interacțiune cu timpul de prelevare, mai degrabă decât amestecul de culturi de acoperire au un impact semnificativ asupra proprietăților solului.

Rezultatele obținute în cadrul proiectului ADER 1.5.2 au evidențiat importanța componentei culturii de acoperire și a condițiilor climatice asupra captării carbonului și a conținutului de carbon organic al solului. Astfel, cultura de acoperire formată dintr-un amestec de 2 specii (triticales și mazăre) și nivelul mai mare al precipitațiilor s-au dovedit a avea un

efect benefic asupra acumulării de biomasă și conținutului de carbon organic din sol (figura 2.1).



**Figura 2.1. Diferite culturi de acoperire**

Sursa: Raport ADER 1.5.2, faza 3, 2021

În timp ce raportul carbon-azot a fost mai mult influențat de condițiile climatice.

Legat de folosirea unei cereale în amestecul de culturi de acoperire, studiile arată că gestionarea culturilor de acoperire pentru îmbunătățirea fizică a solului se realizează cel mai bine cu speciile de graminee. Aceasta, deoarece volumului mare și sistemul de rădăcini fibroase ale gramineelor, leagă solul într-un mod care îi conferă atribute structurale excelente, dintre care cele mai remarcabile sunt drenajul intern și rezistența mecanică.

Masa mare a rădăcinilor formată de ierburi contribuie, de asemenea, în mod substanțial la îmbunătățirea structurii solului.

Manipularea culturii de acoperire pentru construirea fertilității solului este practica veche a îngrășării verzi, activitatea de prelucrare a solului menționată anterior, care încorporează materialul vegetal cu solul se remarcă drept cea mai utilă formă de distrugere a culturilor de până acum. Deoarece majoritatea speciilor folosite ca și culturi de acoperire sunt erbacee, acest material nu este de obicei dificil de manipulat, iar descompunerea biomasei poate fi rapidă. Deoarece viteza de descompunere depinde de gradul de contact dintre materialul vegetal și sol și, în

plus, depinde de dimensiunea materialului încorporat și de minuțiozitatea încorporării acestuia, lucrările de prelucrare a solului cu îngrășăminte verzi necesită atenție pentru a fi pe deplin eficiente.

Este unanim acceptat faptul că, culturile de acoperire contribuie la îmbunătățirea calității solului în principal prin descompunerea microbiană a biomasei din sol.

Produsele de descompunere se adaugă, în general, la rezerva de materie organică a solului (SOM), iar solul beneficiază în două moduri specifice, prin condiționarea fizică a solului și prin creșterea fertilității.

Gradul de îmbogățire depinde de cantitatea și calitatea biomasei culturii de acoperire.

Plantele sau părțile plantelor bogate în celuloză se degradează mult mai rapid decât dacă ar fi lemnoase - așa cum sunt ierburile mature. Prin urmare, porțiunile cu frunze se degradează mult mai rapid decât porțiunile de tulpini. În orice caz, odată cu descompunerea, crește materia organică a solului, se îmbunătățește structura acestuia, sporind astfel schimbul gazos, drenajul intern, schimbul de nutrienți și retenția de apă.

Creșterea materiei organice a solului înseamnă, de asemenea, beneficii mai mari pentru biodiversitatea solului și o stabilitate crescută a agregatelor solului care, la rândul său, înseamnă o tendință redusă de eroziune a solului. De asemenea, s-a emis ipoteza că, în ciuda perioadelor relativ scurte de stabilire a culturii de acoperire și de maturare, culturile cu leguminoase și graminee (secară sau altceva) ar avea un impact asupra dinamicii ciclului nutrienților din sol după încorporarea în sol primăvara în funcție de cantitatea de biomasă și proprietățile biochimice ale reziduurilor.

## **2.2. Studii privind efectul rotației și asolamentelor asupra solului**

Scopul cultivării plantelor în cadrul asolamentelor îl constituie îmbunătățirea condițiilor de cultură, inclusiv al celor de hrană din sol. Având în vedere diversitatea posibilităților de aplicare a asolamentelor, la un moment dat s-a considerat că acestea se pot înscrie în adevărate sisteme de cultură zonale. Un astfel de sistem s-a concretizat și experimentat în regim staționar și în cazul luvosolului albic din stațiunea de la Albota (Ionescu și colab., 1994). Eco-sistemul respectiv a urmărit realizarea următoarelor ținte:

- i) satisfacerea comenzii sociale cu cereale și plante tehnice;
- ii) succedarea plantelor aparținând diferitelor grupe botanice;
- iii) ameliorarea însușirilor solului, a stării fitosanitare, a reducerii gradului de îmburuienare etc.

La acestea se recomandă alte recomandări și anume ca plantele de cultură să fie cultivate în condiții ecologice - fără inputuri chimice, dar în același timp, să se asigure și sustenabilitatea solurilor agricole.

Între cele două posibilități ar putea exista unele aspecte antagonice, în care pionul principal îl joacă asigurarea fertilității solului. Agricultura ecologică se bazează pe formarea producției în principal pe baza fertilității naturale, la care se poate adăuga periodic materie organică în diferite grade de descompunere. În aceste condiții pot apărea unele fenomene negative: îmburuienarea, starea fitosanitară îndoielnică, „foamea de azot” etc.

Agricultura sustenabilă menține și crește nivelul de fertilitate. La aceasta se poate contribui cu tehnologiile de cultură zonale, fertilizarea organo-minerală, includerea în asolamente specifice (Bărbulescu și Nicolae, 1978).

Din ceea ce se cunoaște până în prezent, în condiții de producție, starea de fertilitate a cunoscut unele tendințe de scădere. Cauzele care au condus la aceasta se consideră complexe, iar unul dintre motive îl constituie lipsa sistemelor de agricultură adecvate.

Pentru a dovedi rolul asolamentelor, s-au cultivat cerealele (Ionescu și colab., 1985a, 1985b), plantele tehnice și furajere în diferite sisteme. Scopul principal l-a constituit ameliorarea condițiilor fizico-chimice și biologice a solurilor respective. În solul ameliorat s-a creat posibilitatea sporirii producției prin activarea energetică a acestuia (Nicolae și colab., 1981). Au avut loc reacții mai intense între cele trei faze ale solului: solidă, lichidă și gazoasă (Davidescu, 1981). În condiții ameliorate solul poate deveni mai fertil, iar în timp ar putea contribui la creșterea producției vegetale.

Rotația culturilor reprezintă modul în care plantele de cultură se succed de-a lungul timpului pe aceeași parcelă sau solă, iar asolamentul reprezintă modul de organizare a suprafeței agricole a unei ferme sau exploatații agricole în tot atâtea sole sau parcele câte plante se vor regăsi în structură culturilor ce urmează a fi adoptată. Asolamentul include noțiunea de teren, de spațiu. Așadar, asolamentul va cuprinde 2, 3, 4 sau mai multe parcele.

Rotația culturilor este o noțiune complementară asolamentului și, așa cum reiese din definiția acesteia, ea se referă la succesiunea culturilor în timp, de aceea vor fi rotații de 2 ani, de 3 ani, de 4 sau mai mulți ani. Numărul anilor arată cât timp trebuie să treacă pentru ca o plantă de cultură să revină pe aceeași solă sau numărul anilor în care, pe



aceeași solă, se vor succeda toate plantele din asolament (o rotație întreagă).

La întocmirea asolamentelor se au în vedere criteriile economico-organizatorice, tehnice și agrobiologice.

- *Criterii economico-organizatorice.* Asolamentele trebuie să cuprindă, în primul rând acele culturi și într-o astfel de proporție, încât în condițiile pedoclimatice ale zonei respective, să asigure producții ridicate și un profit cât mai mare cultivatorului.
- *Criterii tehnice.* Forma, mărimea și amploarea soarelui trebuie să permită un grad cât mai mare de mecanizare. Forma optimă a acestora este cea dreptunghiulară sau pătrată. Pe terenurile în pantă, solele trebuie să fie dreptunghiulare sau trapezoidale, mai mici decât pe terenurile plane și orientate cu latura mare pe direcția curbelor de nivel.
- *Criteriile agrobiologice* se referă la stabilirea rotației culturilor asolamentului. Se pornește de la faptul că, fiecare plantă de cultură manifestă o anumită influență asupra fertilității solului și prin urmare asupra culturilor care urmează în rotație. De aceea, fiecare plantă trebuie amplasată după cele mai potrivite premergătoare.

Asolamentul reprezintă și calea pentru reducerea numărului de buruieni dintr-o cultură.

O alternare între cât mai multe culturi cu cerințe diferite față de tehnologiile de cultură, combinată cu combaterea pe cale chimică la culturile care permit fără riscuri folosirea erbicidelor, reprezintă cheia combaterii cât mai eficiente a buruienilor (Laver J., 1993; Sax L., 2003). Prin introducerea unui asolament în care cerealele păioase alternează cu prășitoarele, în decurs de cinci ani, gradul de îmburuienare a scăzut. Succesiunea culturilor în cadrul unui asolament influențează diferit asupra gradului de îmburuienare (Post B. J., 1996).

Studiile făcute în țara noastră de numeroși cercetători arată că atât prezența materiei organice în sol, procentul agregatelor hidrostabile, cât și stabilitatea hidrică depind și sunt influențate nu numai de speciile de plante ci și de succesiunea acestora în asolament, natura și cantitățile de îngrășăminte folosite (Șerbănescu, N., 1968; Onisie, T., 1972; Ana, Arfire, 1974; Stratula, V., 1978; Pintilie, C., 1979; Dincă, D., 1982; Mihăilă, V., 1994; Raus, L., 2005 citați după Burlacu și colab., 2007).

Aplicarea îngrășămintelor după datele analizei de sol, fără a ține seama de culturi și rotația acestora nu constituie un mijloc de creștere a fertilității solului.

Orice cultură, pentru producția maximă, are nevoie de cantități diferite de îngrășăminte dictate de planta premergătoare (Bădescu Luiza, 1970; Budoii, Gh., 1972).

Rolul fitosanitar al asolamentului a fost pus în evidență de numeroase cercetări. În țara noastră, cercetări sistematice cu privire la interacțiunea dintre asolament și atacul produs de boli și dăunători s-au întreprins în toate unitățile de cercetare și rezultatele obținute verifică și confirmă în mare parte pe cele obținute în alte țări (Rădulescu, E., 1969; Hulea, Ana, 1968; Țârcomnicu, Marina, 1965, 1973; Sarca, Tr., 1974; Căbulea, I., 1976, 1977; Cosmin, O., 1987; Craiciu, D., 1980, 1983, 1989; Emilia, Procopovici, 1993; Nogy Elena, 1997; Pălăgeșiu, I., Andru, Monica, 2002 citați de Sin și colab., 2007).

Rezultatele cercetărilor întreprinse de (Pintilie și Sin, 1974; Hera și Sin, 1980; Sin, 1987; Petcu, 1995) au pus în evidență următoarele:

- influența plantelor premergătoare asupra producțiilor de grâu, porumb, floarea-soarelui, sfeclă de zahăr, soia, mazăre, cartof, secară, in;
- intervalul minim de timp, după care o cultură poate reveni pe același loc (floarea-soarelui, sfeclă de zahăr, grâu, porumb, mazăre, in, cartof);
- optimizarea ponderii fiecărei specii în structura culturilor;
- influența și rolul solei amelioratoare cu leguminoase și graminee perene, în asolament;
- variația regimului hidric al solului în funcție de succesiunea culturilor;
- modificări în regimul elementelor nutritive din sol sub influența alternanței culturilor;
- efectul succesiunii culturilor asupra însușirilor fizice și biologice ale solului;
- dependența activității enzimatică din sol de particularitățile culturii existente și ale celei precedente;
- influența plantei premergătoare asupra indicilor de calitate a recoltelor;
- contribuția alternanței culturilor la reducerea potențialului de atac al bolilor și dăunătorilor;

- influența rotației culturilor asupra evoluției gradului de infestare cu buruieni;
- diferențierea compoziției floristice a buruienilor în funcție de rotația și fertilizarea culturilor;
- posibilități de obținere a două recolte pe an în cadrul succesiunilor de culturi irigate;
- bilanțuri economice și energetice în funcție de asolamentul aplicat;
- scheme de asolamente diferențiate în funcție de condițiile naturale și cerințele economico-sociale, aplicabile în exploatațiile agricole.

Cercetările privind elaborarea unui sistem optim de lucrare a solului, specific fiecărei culturi au avut ca obiective să se stabilească următoarele:

- epoca și adâncimea optimă de mobilizare a solului;
- posibilitatea înlocuirii arăturii cu lucrări superficiale cu grape cu discuri, cu lucrări fără întoarcerea brazdei (cizel) sau lucrări cu freza;
- posibilitatea semănatului direct în teren nelucrat;
- efectul alternanței diferitelor metode de lucrare de bază a solului;
- influența afânării profunde (60-80 cm) pe solurile grele, cu exces temporar de umiditate;
- metode diferențiate de pregătire a patului germinativ;
- metode de combatere a buruienilor în perioada de vegetație a culturilor de cereale păioase și prășitoare;
- relațiile din lucrarea solului și eficiența îngrășămintelor aplicate;
- efectul lucrărilor solului asupra regimurilor hidric și al elementelor nutritive din sol;
- influența lucrărilor solului asupra activității biologice;
- efectul metodelor de lucrare a solului asupra însușirilor fizice ale acestuia;
- contribuția metodelor de lucrare a solului la combaterea buruienilor, bolilor și dăunătorilor;
- relațiile dintre metoda de lucrare a solului și eficacitatea erbicidelor.

Pentru succesul diferitelor practici conservative, dar mai ales al semănatului direct fermierul trebuie să ia în considerare modul de gospodărire la suprafață a miriștii, a resturilor vegetale culturii premergătoare, printr-o bună lucrare de mărunțire și împrăștiere uniformă la suprafața solului în perioada de vară - începutul toamnei.

Fermierul are câteva opțiuni în funcție de specificul local, și va alege pe cea care se pretează cel mai bine, și anume:

- mobilizarea superficială a miriștii până la adâncimea de maxim 10 cm, prin aplicarea unei lucrări, de regulă cu discul, pe toată suprafața solului, imediat după recoltarea culturii premergătoare;
- tocarea resturilor vegetale și lucrarea superficială doar în benzi, dacă se aplică tehnologia de semănat în benzi;
- tocarea resturilor vegetale simultan cu recoltatul, dacă dispune de o semănătoare dotată și cu echipament suplimentar pentru o astfel de operație;
- în fermele mixte este recomandată practicarea pășunatului controlat.

În cadrul sistemelor conservative de lucrări ale solului se utilizează o gamă foarte variată de mașini agricole în funcție de destinație, dar și de producător.

### **2.3. Studii privind efectul rotației și fertilizării asupra culturilor de acoperire**

Datele din literatură arată că cerealele de toamnă reușesc foarte bine după plantele care părăsesc terenul devreme.

Cele mai bune premergătoare sunt leguminoasele pentru boabe (mazărea, năutul, soiurile extratimpurii de soia).

Bune premergătoare se dovedesc și plantele care părăsesc terenul vara târziu sau toamna devreme (hibrizii timpurii de floarea-soarelui și porumb, sfecla de zahăr recoltată cel mai târziu până la 1 septembrie).

În situațiile limită (în verile foarte secetoase, când condiții tehnice nu permit amplasarea grâului după culturile existente iar lucrările de pregătire a terenului sunt slabe calitativ) se acceptă monocultura dar nu mai mult de un an, numai pentru cultura cerealelor de toamnă pentru consum.

Cultura de triticale în amestec cu mazăre, prin nivelul tehnologiei de care beneficiază produce o masă vegetală importantă cantitativ. În acest context, rotația culturilor (în special cea de lungă durată) a avut un efect pozitiv semnificativ asupra dezvoltării masei vegetale a fost foarte importantă (tabelul 2.2).

Tabelul 2.2

**Influența plantei premergătoare asupra dezvoltării masei vegetale (substanță proaspătă) la cultura de triticale în amestec cu mazărea de toamnă**

Nr. crt	Asolament	Biomasă (t sp/ha)	%	Dif	Semnificație
1	Monocultura (G)	3.3	100	-	Martor
2	rotație 2 ani (P-G)	3.8	105	0.5	
3	rotație 4 ani (S-G)	6.9	128	2.6	*
4	rotație 4 ani (P-G)	3.8	105	0.5	
5	rotație 4 ani (T-G)	7.0	129	2.7	*

DL 5% = 1,18, 1% = 1,98, 0,1% = 2,06.

Sursă: raport proiect ADER, faza 3/2020

Se observă că în monocultură, rotația simplă de doi ani cu porumb și asolamentul cu o rotație de 4 ani, unde după cultura de acoperire s-a cultivat după porumb s-au format cantități apropiate de biomasă. În schimb, după premergătoarele mai valoroase ca soia și trifoiul s-au format cantitățile maxime de masă vegetală totală care au depășit pragul de 7 tone (tabelul 2.3). Rezultă că în asolamente cu rotații mai mari de 4 ani, pe agrofonduri echilibrate, producțiile de material vegetal total sunt superioare monoculturii grâului.

Azotul este considerat factorul cheie pentru creșterea producțiilor. Deși, fertilizarea cu azot reprezintă variabila de cost cea mai scumpă în producția oricărei culturi, acest input poate fi condus astfel încât răspunsul la această investiție să fie maxim.

Considerat un factor benefic, fertilizarea chimică a avut un efect distinct și foarte semnificativ asupra producției de biomasă. Masa vegetală totală formată a fost dublă comparativ cu martorul, nefertilizat (tabelul 2.3).

Tabelul 2.3

**Masa vegetală în funcție de tipul de fertilizare**

Variante	Biomasă (t/ha)	%	Dif	Semnificație
<b>Nefertilizat</b>	6.0	100		<b>Martor</b>
<b>Îngrășăminte chimice</b>	13.3	222	7.3	***
<b>Organice și chimice</b>	<b>12.4</b>	<b>207</b>	<b>6.4</b>	**

DL 5% = 4,43, 1% = 5,92, 0,1% = 6,45.

Sursă: raport proiect ADER, faza 3/2020

Influența interacțiunii asolament și fertilizare s-a evidențiat prin creșterea biomasei plantelor cultivate în toate sistemele de cultură pe agrofonduri mixte și pe agrofonduri cu îngrășămintă chimice cu azot, fosfor și potasiu.

Soia și trifoiul, ca plante premergătoare pentru grâu, au favorizat creșterea masei vegetative cu 1-2 t/ha comparativ cu datele înregistrate în rotațiile de 2 ani și monocultură pe același agrofond (tabelul 2.4).

Tabelul 2.4

## Efectul asolamentelor și fertilizării asupra conținutului de biomasa totală

Asolament	Agrofond	Producția			Semnificație
		t/ha	%	Dif	
<b>Monocultura (G)</b>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6,2	100	-	<b>Mt</b>
	N <sub>130</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	10,0	161	3,8	
	10GG+N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	11,7	189	5,5	**
<b>Rotație 2 ani (P-G)</b>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	5,1	82	-1,1	***
	N <sub>130</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	13,3	215	7,1	*
	10GG+N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	11,1	179	4,9	
<b>Rotație 4 ani (S-G)</b>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	8,1	131	1,9	***
	N <sub>130</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	15,6	252	9,4	**
	10GG+N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	12,0	194	5,8	
<b>Rotație 4 ani (P-G)</b>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,8	77	-1,4	**
	N <sub>130</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	12,5	202	6,3	**
	10GG+N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	12,1	195	5,9	
<b>Rotație 6 ani (T-G)</b>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	7,1	115	0,9	***
	N <sub>130</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	15,8	255	9,6	**
	10GG+N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	13,0	210	6,8	
<b>Rotație 6 ani (P-G)</b>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,8	77	-1,4	***
	N <sub>130</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	13,3	215	7,1	***
	10GG+N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	14,5	234	8,3	

DL 5% = 3,94, 1% = 5,30, 0,1% = 7,07.

Sursă: raport proiect ADER, faza 3/2020

Conform rezultatelor din literatura de specialitate, culturile de acoperire pot fi utilizate pentru conservarea și îmbunătățirea calității solului, crearea biodiversității, ruperea ciclurilor de dăunători și boli, dar și suprimarea buruienilor (Snapp și colab., 2005; Blanco-Canqui și colab., 2015).

Culturile de acoperire care cuprind amestecuri de diferite specii au devenit populare, deoarece combinarea speciilor cu proprietăți diferite creează o cultură care poate îndeplini mai multe funcții (Storkey și colab., 2015; Finney și colab., 2017). Combinarea mai multor specii poate crește, de asemenea, capacitatea unei culturi de acoperire de a

îndeplini funcții individuale. Acest concept nu a fost încă testat pe scară largă în culturile de acoperire existând dovezi mixte până acum (Finney și colab., 2016). Cu toate acestea, în general, diversitatea crescută a plantelor este asociată cu mai multe funcții specifice ale ecosistemului, inclusiv productivitatea (Tilman și colab., 2012), stocarea C în sol (Lange și colab., 2015), reciclarea nutrienților (Oelmann și colab., 2011) și susținerea biodiversității suplimentare (Scherber și colab., 2010). Se consideră că diversitatea crește magnitudinea și rezistența unei funcții ecosistemice, deoarece fiecare specie îndeplinește funcția într-un mod diferit sau la rate diferite în condiții diferite, ceea ce duce la o capacitate globală mai mare de a îndeplini în mod constant funcția respectivă (Isbell și colab., 2011).

Rezultatele obținute de noi privind influența culturilor de acoperire asupra evoluției bolilor, dăunătorilor și compoziției floristice a buruienilor au evidențiat efectul benefic al culturii de acoperire constituită din amestecul a două specii, ceea ce confirmă datele din literatură prezentate mai sus, (Petcu și colab., 2022, raport ADER 1.5.2, faza 3/2020).

În tabelul 2.5 s-a evidențiat prezența bolilor, a dăunătorilor și speciile de buruieni la variantele experimentale. Este evident că amestecul de triticale și mazăre de toamnă a avut ca efect reducerea gradului de îmburuienare. A fost prezentă numai specia efemeră de *Veronica sp.*, comparativ cu speciile de Iarba vântului (*Apera spica venti*) și pălămidă (*Cirsium arvensae*) prezente la cultura de triticale respectiv mazăre de toamnă.

Acest studiu confirmă faptul că culturile de acoperire constituite din mixuri de specii pot fi eficiente în suprimarea biomasei buruienilor prin reducerea disponibilității resurselor pentru buruieni.

Tabelul 2.5

**Observații privind evidențiate prezența bolilor, a dăunătorilor și speciile de buruieni la variantele experimentale**

Variante experimentale	Boli	Dăunători	Specii de buruieni
Amestec triticale și mazăre de toamnă	Zero	Zero	<i>Veronica spp.</i>
Mazăre de toamnă	Rugina (Puccinia)	Zero	Pălămidă ( <i>Cirsium arvensae</i> )
Triticale	Făinare ( <i>Erisiphae spp.</i> )	Zero	<i>Veronica spp.</i> Iarba vântului ( <i>Apera spica venti</i> )

Sursă: raport proiect ADER, faza 3/2020

## 2.5. Efectul culturilor de acoperire asupra producției culturilor

Potrivit Organizației Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură, producția totală de alimente trebuie să crească cu 70% până în 2050 pentru a asigura hrana pentru populația în creștere (FAO, 2009). În același timp, amprenta negativă a sectorului agricol asupra mediului ar trebuie redusă considerabil pentru a menține sustenabilitatea ecologică și reziliența producției agronomice (Foley și colab., 2011).

Această provocare de a produce hrană suficientă pentru populația în creștere fără a ne compromite mediul este agravată de scăderea terenurilor - resursele disponibile pentru cultivare. Cultura de acoperire este o strategie eficientă, cu aport extrem de scăzut pentru a răspunde acestei provocări.

Din punct de vedere istoric, culturile de acoperire au fost integrate în sistemele de cultură pentru a satisface una sau două nevoi specifice, cum ar fi conservarea solului și gestionarea buruienilor.

Deși, au fost recunoscute mai multe beneficii auxiliare ale folosirii culturilor de acoperire, inclusiv îmbunătățirea calității apei și a solului, ciclul nutrienților, conservarea umidității, productivitatea culturilor și hrana pentru animale, impactul final al culturilor de acoperire depinde de mai mulți factori, unul dintre cei mai importanți fiind speciile din care se constituie cultura de acoperire.

Culturile de acoperire constituite din leguminoase furnizează azot suplimentar (N) culturilor. Plantele non-leguminoase sunt producătoare de biomasă ridicată și pot fi folosite pentru a diminua eroziunea solului, controlul buruienilor și îmbunătățirea conținutului de materie organică din sol. În timp ce speciile cu rădăcină pivotană, cum ar fi *Brassica spp.*, reduc compactarea solului (Ebelhar și colab., 1984; Kaspar și colab., 2001). Pentru că nicio specie nu poate să ofere toate beneficiile se folosesc amestecurile din diverse specii de culturi de acoperire deoarece oferă mai multe beneficii multifuncționale agrosistemelor (Kramberger și colab., 2014; Tosti și colab., 2014).

În rândul producătorilor, există un interes din ce în ce mai mare pentru adoptarea amestecurilor de culturi de acoperire, selecția speciilor fiind în mare parte în funcție de disponibilitatea semințelor și dovezile asupra performanței acestora.

Culturile de acoperire au un efect direct (prin chiar componența speciilor utilizate) dar și indirect asupra producției culturilor agricole, dar rezultatele asupra randamentelor culturii următoare sunt contradictorii.



Conform datelor istorice dar și mai recente INCDA Fundulea recomandă amestecuri de culturi de acoperire specifice regiunii, inclusiv leguminoase și non-leguminoase. Rezultatele obținute în cadrul proiectului ADER 1.5.2/2019 (raport tehnic faza 3/2021) recomandă amestecul de mazăre și triticale.

Analiza varianței a evidențiat efectul foarte semnificativ al localității și culturii de acoperire și distinct semnificativ al interacțiunii acestora asupra producției de grâu (tabelul 2.6).

Tabelul 2.6

**Analiza varianței pentru producția de grâu de toamnă**

Sursa varianței	Grade de libertate	Suma pătratelor	Facot F (valori și semnificații)
Factor A (localitate)	1	42940833	1177,8***
Eroare A	2	36458,3	
Factor B (cultura de acoperire)	1	700833,3	96,96***
Interacțiune AxB	1	240833,3	12,7*
Eroare B	4	18958,3	

Sporul de producție obținut la grâu în anul 2021, a fost de 5% la Baldovinești respectiv de 10% la Buzău-Vernești) (tabelul 2.7), ceea ce arată atât influența culturii de acoperire dar și variabilitatea interanuală a condițiilor de mediu din cadrul localităților studiate. Cantitatea de precipitații din perioada ianuarie-iunie înregistrată la Vernești Buzău a fost mai mare (278 mm) comparativ cu cea de la Baldovinești (Brăila) (240 mm).

Tabelul 2.7

**Efectul culturii de acoperire asupra producției culturii următoare**

Cultura de acoperire	Spor de producție la cultura de grâu (%)
Martor	100
Mazăre + triticale (Vădeni/Baldovinești Brăila)	105
Mazăre + triticale (Vernești, Buzău)	110

În general, studiile privind efectele culturilor de acoperire cu mai multe specii sunt destul de puține, iar rezultatele obținute sunt oarecum

contradictorii. Wortman și colab., (2012), de exemplu, nu au găsit nicio îmbunătățire agronomică pentru un sistem de rotație cu floarea-soarelui (*Helianthus annuus L.*) - soia [*Glycine max (L.) Merr.*] - porumb (*Zea mays L.*) ca urmare a folosirii unui număr mare de specii în cultura de acoperire în timp ce Smith și colab., (2014) au constatat beneficiile cultivării unui amestec de culturi de acoperire în ceea ce privește suprimarea buruienilor, stabilitatea biomasei și recolta comercială ulterioară.

Comparând efectele a 18 culturi de acoperire asupra culturii de porumb (în sistem convențional), Finney și colab., (2016) au demonstrat că, creșterea numărului de specii a avut efect benefic privind suprimarea buruienilor și a redus conținutul de nitrat redus ( $\text{NO}_3$ ), deși efectul asupra randamentului culturii următoare a fost negativ.

Prin studiile efectuate la INCDA Fundulea am arătat efectele benefice pe termen scurt ale culturii de acoperire constituită din mazăre de toamnă și triticale privind suprimarea buruienilor dar și asupra producției de grâu de toamnă.

**BIBLIOGRAFIE**

- Bărbulescu, C., Puia, I., Motcă, Gh., Moisiuc, A., 1991. *Cultura pașiștilor și a plantelor furajere*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Blesh, J., 2019. *Feedbacks between nitrogen fixation and soil organic matter increase ecosystem functions in diversified agroecosystems*. Ecological Applications. <https://doi.org/10.1002/eap.1986>.
- Borlan, Z., Hera, Cr., 1973. *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii rașionale a îngrășămintelor*. Edit. Ceres, București.
- Burlacu, Ghe, Popescu, A., Maravela, V., 2007. Rezultate ale cercetărilor în domeniul folosirii rașionale a îngrășămintelor. An. INCDA Fundulea, Vol. LXXV, volum jubiliar: 287-306.
- Chen, G., and Weil, R.R., 2010. *Penetration of cover crop roots through compacted soils*. Plant Soil, 331: 31-43. doi:10.1007/s11104-009-0223-7.
- Creamer, N.G., Bennet, M.A., Stinner, B.R., 1997. *Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems*.
- Drăgan, L., Dihoru, Al., 2004. *Amestecuri furajere - alternative pentru borceagul de primăvară*. Analele ICDA Fundulea, vol. LXXI.
- Ebelhar, S.A., Frye, W.W., Blevins, R.L., 1984. *Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn*. Agron. J., 76: 51-55. doi:10.2134/agronj1984.00021962007600010014x.
- Edwards, L., Burney, J., 2005. in *Encyclopedia of Soils in the Environment*.
- Finney, D.M., Kaye, J.P., 2017. *Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system*. J. Appl. Ecol., 54: 509-517.
- Finney, D.M., White, C.M., Kaye, J.P., 2016. *Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures*. Agron. J., 108: 39-52. doi:10.2134/agronj15.0182.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., 2011. *Solutions for a cultivated planet*. Nature, 478: 337-342.
- Food and Agriculture Organization, 2009. *How to feed the world in 2050*. FAO, Rome.
- Hera, Cr., Eliade, Gh., Ghinea, L., Popescu, A., 1984. *Asigurarea azotului necesar culturilor agricole*. Editura Ceres, București.
- Hobbs, P.R., Sayre, K., Gupta, R., 2008. *The role of conservation agriculture in sustainable agriculture*. Philos. Trans. R. Soc. B., 363: 543-555. doi:10.1098/rstb.2007.2169.
- Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., 2011. *High plant diversity is needed to maintain ecosystem services*. Nature, 477: 199-202.
- Kaspar, T., Radke, J., Laflen, J., 2001. *Small grain cover crops and wheel traffic effects on infiltration, runoff, and erosion*. J. Soil Water Conserv., 56: 160-164.
- Kramberger, B., Gselman, A., Kristl, J., Lešnik, M., Šuštar, V., Muršec, M., 2014. *Winter cover crop: The effects of grass-clover mixture proportion and biomass management on maize and the apparent residual N in the soil*. Eur. J. Agron., 55: 63-71. doi:10.1016/j.eja.2014.01.001.
- Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C.A., 2015. *Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage*. Nature Communications, 6, 6707.

- Moga, I., Drăgan, L., Răducanu, C., 2007. *Cercetări privind agrotehnica plantelor furajere la Fundulea și în rețeaua experimentală*. An. INCDA Fundulea, Vol. LXXV, volum jubiliar: 318-343.
- Neagu, C.-V., 2006. *Mineralizarea azotului în județul Călărași în funcție de tipul de sol și regimul de fertilizare*. Teză de doctorat, Univ. Șt. Agric. Med. Vet. a Banatului, Timișoara.
- O'Connell, S., Grossman, J.M., Hoyt, G.D., Shi, W., Bowen, S., Martcorena, D.C., et al., 2014. *A survey of cover crop practices and perceptions of sustainable farmers in North Carolina and the surrounding region*. *Renew. Agric. Food Syst.*, 30: 550-562. doi:10.1017/S1742170514000398
- Petcu, G., Petcu, E., 2006. *Effect of different soil tillage methods and fertilizers on sunflower yields*. *Romanian Agricultural Research*, 23: 53-56.
- Petcu, V., Ciornei, L., Simion, S.-P., Grădilă, M., Burtan, S.L., Partal, E., 2022. *Cover crops from winter wheat, triticale and peas cultivated in pure stands and mixtures - soil and weed suppression benefits*. *Romanian Agricultural Research*, 23: 337-343.
- Pintilie, C., Sin, Gh., 1974. *Rotația culturilor de câmp*. Edit. Ceres, București.
- Rafiq, I., Bradford, S., 2022. *Cover crops and sustainable agriculture*.
- Romdhane, S., Spor, A., Busset, H., Falchetto, L., Martin, J., Bizouard, F., Bru, D., Breuil, M.C., Philippot, L., Cordeau, S., 2019. *Cover crop management practices rather than composition of cover crop mixtures affect bacterial communities in no-till agroecosystems*. *Frontiers in microbiology*, 10: 1618.
- Russell, A.E., Cambardella, C.A., Laird, D.A., Jaynes, D.B., Meek, D.W., 2009. *Nitrogen fertilizer effects on soil carbon balances in Midwestern U.S. agricultural systems*. *Ecological Applications*, 19: 1102-1113.
- Scherber, C., Eisenhauer, N., Weisser, W.W. et al., 2010. *Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment*. *Nature*, 468: 553-556.
- Schipanski, M.E., Barbercheck, M., Douglas, M.R., Finney, D.M., Haider, K., Kaye, J.P., et al., 2014. *A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems*. *Agric. Syst.*, 125: 12-22. doi: 10.1016/j.agsy.2013.11.004.
- Silva, M., Dias, A.C.F., van Elsas, J.D., Salles, J.F., 2012. *Spatial and temporal variation of archaeal, bacterial and fungal communities*.
- Sin, Gh., 1987. *Cercetări privind asolamentele, lucrările solului și tehnologia de semănat*. *Analele ICCPT Fundulea*, Vol. LV: 317-343.
- Smith, R.G., Atwood, L.W., Warren, N.D., 2014. *Increased productivity of a cover crop mixture is not associated with enhanced agroecosystem services*. *PLoS One*, 9: E97351. doi:10.1371/journal.pone.0097351.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneze, J., O'Neill, K., 2005. *Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches*. *Agron. J.*, 97: 322-332.
- Storkey, J., Deoring, T., Baddeley, J., Collins, R., Roderick, S., Jones, H., Watson, C., 2015. *Engineering a plant community to deliver multiple ecosystem services*. *Ecological Applications*, 25: 1034-1043.
- Tilman, D., Reich, P.B., Isbell, F., 2012. *Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 10394-10397.

- Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Tei, F., Guiducci, M., 2014. *Barley-hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk*. Eur. J. Agron., 54: 34-39. doi:10.1016/j.eja.2013.11.012.
- Vatămanu, V., 2012. *Folosirea îngrășămintelor verzi*. <https://www.agrimedia.ro/articole/folosirea-ingrasamintelor-verzi>.
- Wortman, S.E., Francis, C.A., Bernards, M.L., Drijber, R.A., Lindquist, J.L., 2012. *Optimizing cover crop benefits with diverse mixtures and an alternative termination method*. Agron. J., 104: 1425-1435. doi:10.2134/agronj2012.0185.