

UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE ȘI MEDICINĂ VETERINARĂ

**CLUJ-NAPOCA
ȘCOALA DOCTORALĂ
FACULTATEA DE AGRICULTURĂ**



Mornea (Petrache) Alina Maria

REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

**Adaptabilitatea speciilor de *Fragaria* la schimbările
climatice: Eficiența Sărurilor Schüessler și a Fertirigării**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
Prof. univ. dr. Emil LUCA**

**Cluj Napoca
2024**

CUPRINS

Introducere	3
Capitolul I AGRICULTURA SUSTENABILĂ	3
1.2. Irigarea	3
1.2.1. Fertirigarea	4
1.3. Sărurile Schüessler	4
1.4. Specia <i>Fragaria</i>	5
1.5. Hidrogel.....	5
Capitolul II MATERIAL ȘI METODE	5
2.1. Obiectivele cercetărilor.....	5
2.2. Locația experimentelor.....	6
2.3. Condițiile climatice	6
2.4. Descrierea experimentelor in-situm	6
2.5. Loturile experimentale	6
2.6. Monitorizarea și colectarea datelor din teren.....	6
Capitolul III REZULTATELE EXPERIMENTALE	7
3.1. <i>Fragaria vesca</i> 'Alexandria'	7
3.2. <i>Fragaria viridis</i>	7
3.3. Comparație cu loturile martor	8
3.4. Rezultate fertirigare.....	8
3.5. Rezultate generale RES	9
Capitolul IV CONCLUZII	9
BIBLIOGRAFIE	10

Introducere

Clima se află într-o continuă transformare, iar viteza acestor schimbări climatice este fără precedent. Plantele, prin natura lor, au mecanisme de adaptare biologică mult mai lente și sunt profund afectate de ritmul accelerat al schimbărilor climatice. Astfel, apare necesitatea unor cercetări, experimente și studii, precum și a implementării rapide a unor protocoale cu soluții eficiente și practice pentru a face față schimbărilor climatice. Agricultură sustenabilă este un punct cheie pentru protejarea resurselor naturale, asigurarea securității alimentare și eficientizarea folosirii resurselor naturale ale planetei (Altieri, 2018; Luca *et al.*, 2004; Puia & Soran, 2001).

În acest context, este important să explorăm practici agricole inovatoare, adaptative, eficiente și ușor de implementat, studiind în detaliu cele două specii de *Fragaria*: *Fragaria vesca* 'Alexandria' și *Fragaria viridis*. Acestea au demonstrat o adaptabilitate mare la factori de stres impuși de schimbările de mediu (Rugienius *et al.*, 2015; Sammarco *et al.*, 2023; Terry, 2007). Studiul prezentat în această lucrare se concentrează pe impactul diverselor metode de irigare și fertilizare, explorând utilizarea sărurilor Schüessler, a mulcirii și a utilizării hidrogelului și efectul acestora asupra dezvoltării și creșterii producției. Astfel, speciile de *Fragaria* menționate, au demonstrat o rezistență notabilă în fața variațiilor de mediu, evidențiind potențialul lor pentru practicile agricole sustenabile (Ahokas, 2000; Rugienius *et al.*, 2015; Sammarco *et al.*, 2023; Terry, 2007).

Au fost testate, de asemenea, efectele Sărurilor Schüessler asupra germinării semințelor, evidențiind o îmbunătățire semnificativă a ratelor de germinare, a vigorii și rezistenței plantelor tinere. Aceste rezultate sunt deosebit de importante pentru agricultura sustenabilă, deoarece o germinare rapidă și uniformă, împreună cu un protocol simplu de aplicare, poate asigura o dezvoltare timpurie robustă a culturilor, reducând riscurile asociate cu condițiile climatice nefavorabile.

Lucrarea de față se înscrie astfel într-un efort global de a dezvolta soluții inovatoare și sustenabile pentru agricultură, având ca obiectiv principal adaptarea la schimbările climatice și asigurarea unui viitor durabil pentru securitatea alimentară și agricultura sustenabilă.

Capitolul I AGRICULTURA SUSTENABILĂ

Agricultura sustenabilă se bazează pe principii ecologice care promovează utilizarea eficientă a resurselor naturale, reducerea dependenței de inputurile chimice și îmbunătățirea biodiversității. Schimbările climatice afectează profund agricultura, provocând variabilitate climatică, secetă, inundații și alte evenimente extreme care pun în pericol securitatea alimentară globală. Agricultură sustenabilă devine astfel o necesitate, fiind capabilă să reducă impactul negativ asupra mediului și să asigure o producție agricolă stabilă (Altieri, 2018; Luca *et al.*, 2004; Puia & Soran, 2001). Identificarea și cultivarea de noi plante adaptabile devine urgentă în acest context. Plantele care pot rezista la condiții de mediu dificile, cum ar fi seceta, temperaturile extreme și solurile slabe în nutrienți, sunt esențiale pentru asigurarea securității alimentare și menținerea sustenabilității agriculturii.

1.2. Irigarea

Una dintre cele mai eficiente metode pentru a face față provocărilor climatice este utilizarea irigațiilor eficiente. Metodele moderne de irigare, precum irigarea prin picurare și irigarea

controlată prin senzori, permit aplicarea precisă a apei, reducând pierderile și asigurând o utilizare eficientă a resurselor. Aceste tehnici nu doar economisesc apă, dar și reduc stresul hidric asupra plantelor, îmbunătățind astfel productivitatea agricolă în condiții de variabilitate climatică (Velasco *et al.*, 2019). Conservarea apei prin metode eficiente de irigare este esențială pentru a menține productivitatea agricolă și pentru a proteja resursele naturale limitate. De asemenea, conservarea apei joacă un rol crucial în agricultură, mai ales în regiunile susceptibile la secetă (Luca *et al.*, 2003, 2013; Velasco *et al.*, 2019).

Tehnici precum captarea și stocarea apei de ploaie, utilizarea mulciului pentru a reduce evaporarea și implementarea sistemelor de irigație eficiente sunt esențiale pentru a asigura disponibilitatea apei în perioadele critice (Luca *et al.*, 2003, 2013). În plus, utilizarea culturilor de acoperire și a rotației culturilor poate contribui la îmbunătățirea structurii solului și la conservarea apei în sol (Meena *et al.*, 2017). Solurile sănătoase au o capacitate mai mare de retenție a apei, ceea ce le face mai rezistente la secetă și la eroziune (Luca *et al.*, 2004, 2013, Meena *et al.*, 2017). Astfel, prin adoptarea acestor tehnici și principii, agricultorii pot contribui la crearea unui sistem agricol mai durabil și mai rezilient, capabil să facă față provocărilor actuale și viitoare.

1.2.1. Fertirigarea

Aplicarea de amendamente plantelor prin intermediul sistemelor de irigație reprezintă o metodă inovatoare și eficientă de a furniza nutrienți și alte substanțe esențiale direct la rădăcinile plantelor. Acest proces, cunoscut sub numele de fertirigare, combină irigarea și fertilizarea, permițând aplicarea precisă a nutrienților, ceea ce poate duce la îmbunătățirea randamentelor și la utilizarea eficientă a resurselor. Fertirigarea este deosebit de utilă în condiții de stres hidric, unde apa disponibilă trebuie utilizată în mod optim. Acest proces permite aplicarea nutrienților în mod precis și controlat, reducând pierderile prin volatilizare și scurgere (Kafkaif & Tarchitzky, 2011; Kapoor *et al.*, 2022).

Pe lângă avantajele economice, sistemele de irigație eficiente contribuie la durabilitatea ecologică a agriculturii. Prin reducerea consumului de apă și îmbunătățirea gestionării resurselor hidrice, aceste sisteme ajută la protejarea ecosistemelor și la menținerea biodiversității. Conservarea apei prin metode eficiente de irigare este crucială pentru menținerea productivității agricole în condițiile variabilității climatice și pentru asigurarea sustenabilității pe termen lung a sistemelor agricole (Kassam *et al.*, 2009, 2014, Luca *et al.*, 2004, 2013). Fertirigarea poate fi utilizată nu doar pentru aplicarea fertilizatorilor chimici, ci și pentru amendamente biologice, cum ar fi microorganisme benefice, extracte de plante și sărurile Schüessler. Aceste amendamente pot stimula creșterea plantelor și pot îmbunătăți sănătatea solului prin creșterea activității microbiene și a disponibilității nutrienților. Utilizarea fertirigației poate avea un impact semnificativ asupra calității și cantității produselor agricole (Kafkaif & Tarchitzky, 2011; Kapoor *et al.*, 2022). Astfel, prin utilizarea integrată a acestor tehnologii și principii, se poate dezvolta un sistem agricol capabil să facă față provocărilor actuale și viitoare (Velasco *et al.*, 2019).

1.3. Sărurile Schüessler

Sărurile Schüessler au jucat un rol esențial în acest experiment, demonstrându-și eficiența în îmbunătățirea parametrilor de creștere și producție a speciilor *Fragaria vesca* 'Alexandria' și *Fragaria viridis*. Aceste săruri Schüessler, denumite și săruri tisulare sau celulare, sunt utilizate în medicina complementară pentru a stimula procesele de auto-vindecare ale organismului. În

context agricol, sărurile Schüessler au fost aplicate prin metoda fertirigării pentru a evalua impactul lor asupra dezvoltării plantelor și a productivității acestora.

1.4. Specia *Fragaria*

Fructele de pădure și plantele aromatice joacă un rol crucial în agricultura sustenabilă, datorită beneficiilor lor multiple (Altieri, 2018; Luca *et al.*, 2004; Puia & Soran, 2001). Acestea au un rol important în diversificarea culturilor, ameliorarea calității solului și promovarea biodiversității.

Aceste fructe sunt bogate în nutrienți esențiali și antioxidanți, contribuind astfel la sănătatea umană și la prevenirea unor afecțiuni cronice. Frăguțele (*Fragaria* spp.) sunt deosebit de valoroase în agricultura sustenabilă datorită capacității lor de a se adapta la diverse condiții de mediu, au o aromă deosebită și o valoare nutritivă și medicinală importantă (Fierascu *et al.*, 2020; Giampieri *et al.*, 2012). Aceste plante sunt capabile să prospere în condiții de secetă și soluri sărace, ceea ce le face ideale pentru cultivarea în zone cu resurse limitate (Ahokas, 2000; Sammarco *et al.*, 2023).

Utilizarea acestor fructe în sistemele de culturi intercalate poate îmbunătăți structura solului și poate reduce pierderile de sol cauzate de eroziunea eoliană și hidrică (Meena *et al.* 2017).

Speciile de frăguțe (*Fragaria* spp.) sunt un exemplu de plante adaptabile, recunoscute pentru rezistența lor în condiții de mediu ostile și pentru beneficiile lor nutriționale, farmacologice și medicinale (Fierascu *et al.*, 2020; Sammarco *et al.*, 2023). Frăguțele au un conținut ridicat de antioxidanți, vitamine, minerale și oligoelemente, fiind considerate un superaliment (Fierascu *et al.*, 2020; Giampieri *et al.*, 2012). Integrarea speciilor de *Fragaria* ssp. în sistemele agricole poate oferi fermierilor o cultură rezistentă și valoroasă din punct de vedere nutrițional și economic (Ahokas, 2000; Sammarco *et al.*, 2023). Frăguțele pot să contribuie la diversificarea dietelor și la îmbunătățirea sănătății populației, în timp ce cercetările continue asupra acestor plante pot deschide noi oportunități pentru inovații agricole și pentru dezvoltarea unor sisteme agricole mai reziliente și sustenabile (Fierascu *et al.*, 2020; Giampieri *et al.*, 2012).

1.5. Hidrogel

Hidrogelul reprezintă o inovație semnificativă în tehnologia agricolă modernă, având capacitatea de a reține și elibera apa treptat, îmbunătățind astfel eficiența utilizării resurselor hidrice (Nirmala *et al.*, 2019; Palanivelu *et al.*, 2022). Constituit din polimeri super-absorbantși, acest material poate reține cantități de apă de până la 400 de ori greutatea lor uscată și eliberează apa în mod treptat, reducând frecvența de irigare și îmbunătățind calitatea solului (Palanivelu *et al.*, 2022).

Capitolul II MATERIAL ȘI METODE

2.1. Obiectivele cercetărilor

Scopul principal al cercetărilor a fost evaluarea și analiza cultivării speciilor de *Fragaria* ssp., concentrându-se pe influența factorilor de mediu și a practicilor agricole asupra producției și calității fructelor pentru optimizarea agriculturii sustenabile. Obiective specifice:

- Evaluarea influenței irigației și fertilizării asupra producției și calității fructelor.

- Determinarea eficienței amendamentelor bio și a sărurilor Schüessler.
- Colectarea de date privind proprietățile speciei *Fragaria viridis*.
- Identificarea factorilor care influențează consumul de apă și productivitatea plantelor.
- Analiza datelor de rezonanță electronică de spin (RES) pentru două specii de *Fragaria*.
- Stabilirea regimului optim de irigare pentru *Fragaria*.
- Evaluarea eficienței economice a irigației.
- Identificarea pattern-urilor utile în dezvoltarea tehnologiilor de cultivare pe scară largă.

2.2. Locația experimentelor

Experimentele au avut loc în localitatea Bociu, județul Cluj, într-o livadă semi-sălbatică, în comuna Mărgău, cu soluri predominante de tip cambisoluri. Această locație oferă condiții variate de sol și climat, ideale pentru studii agricole complexe pe fructele de pădure.

2.3. Condițiile climatice

Clima comunei Mărgău este continental-moderată cu influențe subalpine, cu veri răcoroase și ierni reci. Temperatura medie anuală este între 8-10°C, iar precipitațiile anuale medii sunt de aproximativ 1000 mm. Datele climatice au fost furnizate de stația meteo Huedin (aflată la 15km Nord Est de sit) și includ temperatura medie lunară și precipitațiile.

2.4. Descrierea experimentelor in-situm

Experimentele au evaluat două specii de *Fragaria* (*Fragaria viridis* și *Fragaria vesca* 'Alexandria') în condiții de agricultură sustenabilă. S-au utilizat straturi înălțate și jardiniere, iar sursa de apă pentru irigații a fost un izvor local. Materialul săditor a fost procurat din zona locală și de la pepiniere autorizate.

2.5. Loturile experimentale

Au fost înființate 7 loturi, fiecare conținând între 45 și 50 de plante. Loturile au fost monitorizate bilunar, iar datele colectate au inclus măsurători fizice și evaluări vizuale. S-au analizat 5 factori principali: irigarea, fertilizarea, soiurile, condițiile de cultivare și expunerea la lumină, fiecare având multiple combinații experimentale.

2.6. Monitorizarea și colectarea datelor din teren

Timp de trei ani, respectiv 2018, 2019 și 2020 s-au analizat plantele din specia *Fragaria vesca* 'Alexandria' și *Fragaria viridis*, cu o frecvență bilunară. Pentru fructe s-a analizat doar perioada de fructificare, iar pentru flori, perioada în care s-au produs inflorescențele. Măsurătorile s-au realizat în teren pentru fiecare lot și fiecare factor analizat.

Capitolul III

REZULTATELE EXPERIMENTALE

3.1. *Fragaria vesca* 'Alexandria'

Înălțimea plantelor: Cele mai bune rezultate au fost obținute în loturile cu tratament irigat și fertilizare cu sărurile Schüessler (irigat-SS) și mixt (irigat-mixt), unde înălțimea medie a plantelor a atins valori maxime.

Lățimea plantelor: Lățimea plantelor a fost semnificativ mai mare în loturile cu tratament hidrogel și fertilizare mixtă (hidrogel-mixt).

Numărul de inflorescențe: Cele mai multe inflorescențe au fost observate în loturile cu tratament organic și expunere la soare (organic-soare).

Numărul de fructe: Producția de fructe a fost cea mai mare în loturile irigate și fertilizate cu sărurile Schüessler (irigat-SS), cu o creștere de aproximativ 30% față de lotul control.

Rezultatele RES: Analizele RES (Rezonanță Electronică de Spin) pentru *Fragaria vesca* 'Alexandria' au evidențiat diferențe semnificative între diferitele regimuri de fertilizare și irigare. Spectrele pentru ionii de mangan au arătat că tratamentele cu sărurile Schüessler au avut un impact pozitiv asupra bioactivității plantelor, indicând prezența unor procese biochimice intense și eficiente. De asemenea, nivelurile de antioxidanți măsurate prin metoda RES au fost semnificativ mai mari în plantele fertilizate cu sărurile Schüessler, comparativ cu plantele din loturile martor. Aceste rezultate sugerează că utilizarea sărurilor Schüessler nu doar că îmbunătățește creșterea și producția plantelor, dar și calitatea nutrițională a fructelor, făcându-le mai valoroase din punct de vedere alimentar și medicinal.

În cadrul **experimentului legat de germinare**, aceasta s-a realizat la semințele de *Fragaria vesca* 'Alexandria' sub influența sărurilor Schüessler. Rezultatele experimentului au arătat că utilizarea acestor săruri a avut un impact semnificativ asupra ratei de germinare și a supraviețuirii la infecții fungice. Spre exemplu, rata de supraviețuire la infecții fungice a fost mai mare în loturile tratate cu aceste soluții comparativ cu loturile netratate. Aceste date sugerează că sărurile Schüessler pot juca un rol important în îmbunătățirea sănătății plantelor încă din stadiul de germinare.

În cadrul **experimentului legat de efectul inhibitor** al extractelor din *Fragaria vesca* 'Alexandria' asupra dezvoltării celulelor canceroase tumorale umane, realizat la Universitatea de Medicină și Farmacie din Cluj-Napoca, rezultatele au arătat că extractele de *Fragaria* cu sărurile Schüessler au avut o capacitate mai mare de a inhiba proliferarea celulelor tumorale comparativ cu extractele din plantele netratate. Aceste observații subliniază potențialul utilizării sărurilor Schüessler nu doar în agricultură, ci și în domeniul medical, pentru dezvoltarea unor tratamente antitumorale.

3.2. *Fragaria viridis*

Înălțimea Plantelor: *Fragaria viridis* a avut o înălțime maximă în loturile irigate și fertilizate cu sărurile Schüessler (irigat-SS), dar valoarea a fost cu aproximativ 20% mai mică decât cea observată la *Fragaria vesca* 'Alexandria'.

Lățimea Plantelor: Lățimea plantelor a fost cea mai mare în loturile cu tratament de hidrogel și fertilizare mixtă (hidrogel-mixt), similar cu rezultatele pentru *Fragaria vesca* 'Alexandria'.

Numărul de Inflorescențe: Numărul de inflorescențe a fost semnificativ mai mare în loturile cu tratament organic și expunere la soare.

Numărul de Fructe: *Fragaria viridis* a produs fructe doar pe parcursul a două luni, cu cele mai bune rezultate în loturile irigate și fertilizate cu sărurile Schüessler.

Analizele RES pentru *Fragaria viridis* au evidențiat un spectru rezolvat pentru ionii de mangan în loturile tratate cu sărurile Schüessler, indicând o bioactivitate crescută comparativ cu loturile martor. Nivelurile de antioxidanți au fost de asemenea mai mari în aceste loturi, sugerând că tratamentele cu sărurile Schüessler nu doar că sprijină creșterea plantelor, dar și îmbunătățesc calitatea fructelor.

De asemenea, s-a observat că utilizarea **hidrogelului** în combinație cu sărurile Schüessler a fost eficientă în menținerea unui echilibru optim al umidității și al nutrienților, contribuind astfel la o dezvoltare sănătoasă a plantelor chiar și în condiții de stres hidric.

Tabel 3.1.

Analiza comparativă a valorilor minime/maxime înregistrate pentru cele 2 specii

Parametru	<i>Fragaria vesca</i> 'Alexandria'	<i>Fragaria viridis</i>
Înălțime maximă plantă (cm)	37cm	24cm
Înălțime minimă plantă (cm)	12cm	4cm
Lățime maximă plantă (cm)	44cm	27cm
Lățime minimă plantă (cm)	15cm	8cm
Număr maxim de flori	17	18
Număr minim de flori	2	3
Număr maxim de fructe	16	12
Număr minim de fructe	2	1
Mărime maximă fruct (cm)	3cm	2cm
Mărime minimă fruct (cm)	0.32cm	0.30cm
Greutate maximă fruct (g)	420g	240g
Greutate minimă fruct (g)	6.4g	5g

3.3. Comparație cu loturile martor

Comparativ cu loturile martor (neirigate și nefertilizate), utilizarea sărurilor Schüessler a arătat îmbunătățiri semnificative în toți parametrii evaluați. Plantele tratate cu sărurile Schüessler au avut o creștere a înălțimii de până la 25% și o producție de fructe cu 30% mai mare decât loturile martor. Aceste rezultate subliniază importanța adoptării unor practici de fertilizare inovatoare și eficiente pentru a maximiza producția agricolă și pentru a îmbunătăți calitatea fructelor.

3.4. Rezultate fertirigare

Fertirigarea a demonstrat efecte pozitive remarcabile asupra speciilor de *Fragaria* studiate după cum urmează:

Pentru *Fragaria vesca* 'Alexandria', fertirigarea a dus la o creștere a înălțimii plantelor cu 18% și o creștere a greutateii totale a fructelor cu 22% față de metodele tradiționale de fertilizare.

În cazul *Fragaria viridis*, fertirigarea a avut un impact pozitiv, dar mai moderat decât la *Fragaria vesca* 'Alexandria'. Plantele au înregistrat o creștere a înălțimii cu 15% și o creștere a greutateii totale a fructelor cu 20% față de metodele tradiționale. Fertirigarea a demonstrat și o utilizare mai eficientă a apei și a nutrienților, esențială în contextul schimbărilor climatice, contribuind la reducerea pierderilor de nutrienți și îmbunătățirea sustenabilității.

3.5 Rezultate generale RES

Rezultatele generale ale analizei RES au evidențiat diferențe semnificative între cele două specii de *Fragaria*, *Fragaria vesca* 'Alexandria' și *Fragaria viridis*, în raport cu lotul control și diferitele tratamente aplicate. Spectrele pentru ionii de mangan au arătat prezența rezolvată în 85% din loturile tratate cu săruri Schüssler pentru *Fragaria vesca* 'Alexandria', indicând o **activitate biochimică intensă**. În contrast, *Fragaria viridis* a prezentat spectre rezolvate doar în 10% din loturile tratate, ceea ce sugerează o activitate biochimică mai redusă și o biodiversitate naturală mai pronunțată.

Nivelurile de **antioxidanți** au fost semnificativ mai ridicate în loturile tratate cu săruri Schüssler și hidrogel, comparativ cu loturile control. *Fragaria vesca* 'Alexandria' a înregistrat o capacitate antioxidantă crescută cu 45% în loturile tratate cu săruri Schüssler, în timp ce *Fragaria viridis* a avut o creștere de 30% în aceleași condiții.

În concluzie, analiza RES a demonstrat că utilizarea sărurilor Schüssler și a hidrogelului poate optimiza semnificativ activitatea biochimică și capacitatea antioxidantă a plantelor, cu beneficii mai pronunțate pentru *Fragaria vesca* 'Alexandria'. Aceste rezultate subliniază potențialul acestor tratamente în îmbunătățirea performanței culturilor, oferind o soluție viabilă și sustenabilă în contextul agriculturii moderne.

Capitolul IV CONCLUZII

Această lucrare demonstrează importanța utilizării unor practici agricole sustenabile și adaptative pentru a face față provocărilor impuse de schimbările climatice. În contextul în care temperaturile medii globale cresc, iar regimul pluviometric devine din ce în ce mai imprevizibil, este esențial ca agricultorii să adopte metode care nu doar să mențină productivitatea, ci și să conserve resursele naturale și să protejeze ecosistemele. Studiile realizate au arătat că implementarea unor tehnici precum fertirigarea și utilizarea sărurilor Schüssler poate îmbunătăți semnificativ performanțele culturilor, reducând în același timp dependența de inputurile chimice tradiționale care au un impact negativ asupra mediului. În plus, aceste practici contribuie la creșterea rezilienței culturilor la stresurile abiotice, cum ar fi seceta și variațiile extreme de temperatură.

Speciile *Fragaria vesca* 'Alexandria' și *Fragaria viridis* s-au dovedit a fi deosebit de adaptabile și rezistente în cadrul experimentelor efectuate. Aceste specii au demonstrat capacitatea de a se dezvolta optim în diverse condiții de mediu și sub diferite regimuri de fertilizare și irigare. Utilizarea sărurilor Schüssler, în special, a arătat rezultate remarcabile în ceea ce privește creșterea și producția plantelor. Aceste săruri Schüssler nu doar că au îmbunătățit dimensiunea și greutatea fructelor, dar au și crescut nivelurile de antioxidanți, contribuind astfel la o mai bună calitate nutrițională a produselor finale. De asemenea, metodele de irigare analizate, inclusiv utilizarea hidrogelului, au demonstrat o eficiență sporită în gestionarea resurselor de apă, esențială pentru agricultura în zonele afectate de secetă.

Studiile academice în acest domeniu sunt esențiale pentru dezvoltarea unor practici agricole durabile și pentru protejarea resurselor naturale, asigurând astfel securitatea alimentară și viitorul agriculturii. Prin aprofundarea cercetărilor privind interacțiunea dintre diferitele metode

de fertilizare și irigare și adaptabilitatea culturilor la schimbările climatice, putem dezvolta strategii mai eficiente și mai sustenabile. Aceste strategii nu doar că vor îmbunătăți productivitatea agricolă, dar vor contribui și la reducerea impactului negativ asupra mediului, promovând o agricultură care să răspundă nevoilor actuale fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi.

BIBLIOGRAFIE

1. Ahokas, H., (2000). Factors controlling the north-edge distribution of *Fragaria viridis* and its *F. vesca* hybrids in South Finland. In *IV International Strawberry Symposium 567* (pp. 385-388).
2. Altieri M. A., (2018). *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*, CRC Press.
3. Fierascu RC, Temocico G, Fierascu I, Ortan A, Babeanu NE., (2020). *Fragaria* Genus: Chemical Composition and Biological Activities. *Molecules*. 25(3):498
4. Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.
5. Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2011). A Tool for Efficient Fertilizer and Water Management. *International Potash Institute (IPI): Paris, France*, 1-123.
6. Kapoor, R., Kumar, A., Sandal, S. K., Sharma, A., Raina, R., & Thakur, K. S. (2022). Water and nutrient economy in vegetable crops through drip fertigation and mulching techniques: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 45(15), 2389-2403.
7. Kassam, A., Derpsch, R., & Friedrich, T. (2014). Global achievements in soil and water conservation: The case of Conservation Agriculture. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(1), 5-13.
8. Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F., & Pretty, J. (2009). The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *International journal of agricultural sustainability*, 7(4), 292-320.
9. Luca E., V. Budiu, Ana Ciotlăuș, Adela Hoble, (2013). Exploatarea sistemelor de îmbunătățiri funciare: irigații – lucrări practice, Risoprint, Cluj-Napoca.
10. Luca, E., Vârban, D. I., & Mihai, G. (2004). Tehnologii ecologice pentru cultura plantelor. Risoprint.
11. Meena, N. K., Gautam, R., Tiwari, P., & Sharma, P. (2017). Nutrient losses in soil due to erosion. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6S), 1009-1011.
12. Nirmala, A., & Guvvali, T. (2019). Hydrogel/superabsorbent polymer for water and nutrient management in horticultural crops. *IJCS*, 7(5), 787-795
13. Palanivelu, S. D., Armir, N. A. Z., Zulkifli, A., Hair, A. H. A., Salleh, K. M., Lindsey, K., ... & Zakaria, S. (2022). Hydrogel application in urban farming: Potentials and limitations—A review. *Polymers*, 14(13), 2590.
14. Puia, I., Soran, V., & Carlier, L. (2001). *Agroecologie si ecodezvoltare*. AcademicPres. Cluj Napoca
15. Rugienius, R., Bendokas, V., Kazlauskaitė, E., Siksnianas, T., Stanys, V., Kazanavičiute, V., & Sasnauskas, A. (2015). Anthocyanin content in cultivated *Fragaria vesca* berries under high temperature and water deficit stress. In *III Balkan Symposium on Fruit Growing 1139* (pp. 639-644).
16. Sammarco, I., Münzbergová, Z., & Latzel, V. (2023). Response of *Fragaria vesca* to projected change in temperature, water availability and concentration of CO₂ in the atmosphere. *Scientific Reports*, 13(1), 10678.
17. Terry, L. A., Chope, G. A., & Bordonaba, J. G. (2007). Effect of water deficit irrigation and inoculation with *Botrytis cinerea* on strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10812-10819.
18. Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., Batlles-de-laFuente, A., & Fidelibus, M. D. (2019). Sustainable irrigation in agriculture: An analysis of global research. *Water*, 11(9), 1758.