

## **Titlul tezei de doctorat**

# **DEZVOLTAREA DE NOI SECVENȚE DE FERTILIZARE PENTRU CREȘTEREA CALITATIVĂ ȘI CANTITATIVĂ A PRODUCȚIEI GENOTIPURILOR DE VIȚĂ-DE-VIE, ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ACTUALE ALE AREALULUI VITICOL ȘTEFĂNEȘTI – ARGHEȘ**

**Drd. Ing. Ionela – Daniela Toma (căs. Sărdărescu)  
Conducător de Doctorat Prof. CS I Dr. Habil. Radu Claudiu**

## **Rezumat**

### **Sinteza capitolelor**

În contextul preocupărilor tot mai mari privind impactul agriculturii asupra mediului și sănătății, viticultura modernă necesită soluții sustenabile și tehnologii inovatoare de fertilizare. Studiul tezei de doctorat realizat în arealul viticol Ștefănești–Argeș a urmărit dezvoltarea unui extract biostimulant obținut prin nanotehnologii și valorificarea deșeurilor viticole, pentru îmbunătățirea productivității, calității strugurilor și maturării lemnului la vița-de-vie. Au fost realizate analize fitochimice, fiziologice și biometrice, precum și evaluări ale calității recoltei, în cadrul unei colaborări interdisciplinare între mai multe institute și laboratoare de specialitate.

Problema fundamentală a cercetării este identificarea unor alternative ecologice și eficiente la fertilizantii și produsele chimice de sinteză utilizate în viticultură, în contextul degradării mediului, al schimbărilor climatice și al presiunii pentru obținerea unor producții ridicate. Studiul urmărește valorificarea deșeurilor viticole prin obținerea unor extracte bioactive și nanoparticule fitosintetizate capabile să îmbunătățească productivitatea, calitatea strugurilor și toleranța plantelor la agenții patogeni. O altă problemă importantă este menținerea echilibrului fiziologic al viței-de-vie, prin stimularea fotosintezei, maturării lemnului și acumulării compușilor de rezervă necesari rezistenței plantelor. Cercetarea evidențiază și necesitatea dezvoltării unor tehnologii sustenabile care să reducă impactul asupra mediului și să permită reutilizarea deșeurilor viticole în agricultură.

Ipoteza principală a cercetării presupune că extractele hidroalcoolice obținute din deșeurile viticole și nanoparticulele de argint fitosintetizate pot reprezenta alternative ecologice eficiente la produsele chimice de sinteză utilizate în viticultură. S-a presupus că aceste extracte conțin compuși

bioactivi capabili să stimuleze procesele fiziologice ale viței-de-vie, să îmbunătățească productivitatea și calitatea strugurilor și să favorizeze maturarea lemnului. O altă ipoteză a fost că nanoparticulele de argint obținute prin fitosinteză pot avea efect antifungic și antioxidant asupra plantelor, reducând atacul agenților patogeni precum *Uncinula necator* și *Plasmopara viticola*. Totodată, s-a presupus că valorificarea deșeurilor viticole poate contribui la dezvoltarea unor tehnologii sustenabile și la reducerea impactului negativ asupra mediului.

## **CAPITOLUL I. IMPORTANȚA ȘI POTENȚIALUL CULTURII VIȚEI-DE-VIE**

Cultura viței-de-vie reprezintă una dintre cele mai importante activități agricole la nivel mondial. Aceasta contribuie semnificativ la economia și alimentația populației prin producerea strugurilor și a vinului. Plantațiile viticole generează anual cantități mari de deșeuri vegetale rezultate din tăieri și procesul de vinificație. Aceste subproduse pot fi valorificate datorită conținutului bogat în compuși bioactivi.

Deșeurile viticole includ semințe, pielețe, frunze, coarde și tescovină rezultate în urma procesării strugurilor. Acestea conțin polifenoli, flavonoide, antioxidanți și alte substanțe cu valoare biologică ridicată. Compușii extrași sunt utilizați în industria alimentară, cosmetică și farmaceutică. Valorificarea lor contribuie la reducerea impactului asupra mediului și la dezvoltarea economiei circulare.

Nanotehnologia oferă posibilitatea obținerii unor nanoparticule folosind extracte din deșeuri viticole. Aceste nanoparticule prezintă proprietăți antimicrobiene și antioxidante importante. Aplicarea lor în agricultură poate reduce utilizarea pesticidelor și fertilizanților chimici. Totodată, utilizarea metodelor ecologice de sinteză susține dezvoltarea unei agriculturi sustenabile.

Deșeurile viticole pot fi utilizate pentru obținerea de biostimulanți, extracte antifungice și materiale ecologice. Extractele bogate în stilbene și polifenoli au demonstrat efecte antimicrobiene și antioxidante. Unele subproduse sunt folosite și pentru realizarea materialelor compozite sau a produselor industriale inovatoare. Aceste aplicații susțin valorificarea superioară a resurselor viticole și reducerea poluării.

## **CAPITOLUL II. CADRUL NATURAL DE EXPERIMENTARE**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Biotehnologii în Horticultură Ștefănești este amplasat în regiunea viticolă Ștefănești–Argeș, în zona Subcarpaților Munteniei. Teritoriul include platforme, versanți și lunca râului Argeș, favorabile culturii viței-de-vie. Zona viticolă se extinde pe teritoriul orașelor Ștefănești și Topoloveni, precum și al comunelor Călinești și Leordeni. Relieful și poziționarea geografică contribuie la dezvoltarea unui climat favorabil viticulturii.

Solurile din cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Biotehnologii în Horticultură Ștefănești sunt variate și bine dezvoltate în profunzime. Acestea aparțin mai multor clase pedologice, precum protisoluri, luvisoluri și antrisoluri. Principalele procese pedogenetice sunt spălarea carbonaților și migrarea argilei în profunzime. Caracteristicile solurilor influențează fertilitatea și dezvoltarea plantațiilor viticole.

Factorii climatici, precum temperatura și umiditatea, au un rol esențial în dezvoltarea viței-de-vie. Analizele climatice au evidențiat o creștere a temperaturilor maxime în perioada 2021–2023 comparativ cu media multianuală. Regimul precipitațiilor și umiditatea atmosferică s-au menținut în limite favorabile culturii viticole. Monitorizarea condițiilor din seră și câmp a evidențiat diferențe de temperatură și umiditate între cele două medii de cultivare.

### **CAPITOLUL III. DEZVOLTAREA DE NOI ALTERNATIVE PENTRU VITICULTURĂ – RESURSE MATERIALE UTILIZATE CA SUBSTITUT AL PRODUSELOR DE SINTEZĂ**

Utilizarea îngrășămintelor și pesticidelor chimice contribuie la creșterea producției viticole, dar poate afecta negativ mediul și sănătatea umană. Aplicarea excesivă a acestor substanțe determină poluarea solului și a apei, precum și degradarea biodiversității. Compactarea și deteriorarea structurii solului reprezintă alte efecte negative ale utilizării intensive a produselor de sinteză. Din acest motiv, se urmărește dezvoltarea unor alternative ecologice și sustenabile pentru viticultură.

Extractele naturale reprezintă o alternativă ecologică pentru combaterea bolilor și stimularea dezvoltării viței-de-vie. Acestea conțin compuși bioactivi cu efect antifungic, antimicrobian și biostimulator. Studiile au demonstrat eficiența extractelor vegetale, algale și a biopreparatelor în reducerea atacului agenților patogeni. Aplicarea lor contribuie la reducerea utilizării pesticidelor și la protejarea mediului.

Nanotehnologia oferă soluții moderne pentru protecția și stimularea culturilor agricole. Nanoparticulele pot avea efecte antimicrobiene, antifungice și biostimulatoare asupra plantelor. Cercetările au evidențiat eficiența nanoparticulelor de argint, zinc sau chitosan în combaterea agenților patogeni ai viței-de-vie. Utilizarea nanomaterialelor poate reduce consumul de pesticide și îmbunătăți productivitatea culturilor agricole.

### **CAPITOLUL IV. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII. MATERIAL ȘI METODE**

Scopul cercetării a fost dezvoltarea unor fertilizanți inovatori și a unor tehnologii alternative de fertilizare pentru vița-de-vie, cu efecte benefice asupra productivității, calității strugurilor și maturării lemnului. Pentru atingerea acestor obiective au fost obținute și caracterizate extracte naturale din deșeuri viticole, utilizând metode clasice și asistate cu microunde. Studiul a

urmărit analiza biochimică a extractelor, evaluarea efectelor fiziologice și biometrice asupra plantelor, precum și determinarea productivității și calității recoltei. Totodată, cercetarea a evidențiat potențialul valorificării deșeurilor viticole și utilizării nanoparticulelor de argint ca alternative ecologice la produsele chimice de sinteză.

Capitolul prezintă utilizarea deșeurilor viticole pentru obținerea unor extracte naturale și dezvoltarea unor soluții ecologice de fertilizare în viticultură. Materialul vegetal, reprezentat de coarde, frunze, a fost colectat, uscat și prelucrat pentru obținerea extractelor prin metode clasice și asistate cu microunde. Extractele rezultate au fost analizate din punct de vedere biochimic și utilizate pentru fitosinteza nanoparticulelor de argint aplicate pe plantele de viță-de-vie. În cadrul cercetării au fost evaluate efectele extractelor hidroalcoolice și a celor îmbunătățite cu nanoparticule de argint asupra dezvoltării plantelor, productivității, calității strugurilor și gradului de maturare al lemnului.

## **CAPITOLUL V. CARACTERIZAREA SOLUȚIILOR DEZVOLTATE**

Determinarea conținutului total de compuși fenolici a evidențiat diferențe importante între extractele obținute din deșeurile viticole, în funcție de tipul materialului vegetal utilizat. Cele mai ridicate valori ale polifenolilor au fost înregistrate la extractele provenite din coardele genotipurilor Fetească neagră 6 Șt. și Fetească regală 72 Șt., ceea ce confirmă potențialul antioxidant ridicat al acestora. În schimb, extractul obținut din frunze de viță-de-vie a prezentat cel mai redus conținut de compuși fenolici. Analiza mustului provenit de la genotipul Fetească regală 72 Șt. a arătat că aplicarea extractului din frunze îmbunătățit cu nanoparticule de argint a determinat o scădere semnificativă a conținutului total de polifenoli comparativ cu varianta martor.

Capacitatea antioxidantă a extractelor obținute din deșeurile viticole a variat în funcție de tipul materialului vegetal utilizat. Cele mai ridicate valori ale activității antioxidante au fost înregistrate la extractele obținute din coardele genotipurilor Fetească neagră 6 Șt. și Fetească regală 72 Șt., comparativ cu extractul provenit din frunze de viță-de-vie. Extractul din coarde de Fetească neagră 6 Șt. a prezentat cea mai mare capacitate de inhibare a radicalului DPPH, evidențiind un potențial antioxidant superior. În cazul mustului provenit de la genotipul Fetească regală 72 Șt., aplicarea extractului din frunze conținând nanoparticule de argint a determinat o creștere semnificativă a activității antioxidante comparativ cu varianta martor.

Analiza compușilor fenolici prin cromatografie HPLC a evidențiat un conținut ridicat de substanțe bioactive în extractele obținute din deșeurile viticole. Extractele hidroalcoolice au prezentat concentrații mai mari de compuși fenolici comparativ cu variantele îmbunătățite cu nanoparticule de argint, ceea ce sugerează implicarea acestor compuși în procesul de fitosinteză. În extractele provenite din frunze și coarde au fost identificați numeroși compuși fenolici importanți, precum resveratrolul, catechina, epicatechina, rutina, quercetina și luteolina, cu rol antioxidant și antifungic. Cele mai mari concentrații au fost înregistrate pentru resveratrol și

catechină în extractele din coardele genotipurilor Fetească neagră 6 Șt. și Fetească regală 72 Șt., evidențiind potențialul ridicat al acestora ca sursă de compuși bioactivi.

Analizele HPLC realizate asupra mustului au arătat că aplicarea extractelor și a nanoparticulelor a influențat compoziția fenolică a produsului final. Varianta V2 s-a remarcat printr-un conținut ridicat de acid tanic, iar varianta V3 prin concentrații crescute de epicatechină și hiperozidă. Totodată, s-a observat o reducere a compușilor fenolici în variantele conținând nanoparticule de argint, confirmând consumul acestora în procesul de fitosinteză. Analiza extractelor din tescovină și ferigi a evidențiat, de asemenea, concentrații ridicate de compuși fenolici și flavonoide, precum epicatechina, acidul siringic, rutina și quercetina, compuși care conferă extractelor un puternic potențial antioxidant și rol important în stabilizarea nanoparticulelor.

Caracterizarea nanomaterialelor fitosintetizate a confirmat obținerea cu succes a nanoparticulelor de argint utilizând extracte naturale din tescovină și ferigi. Analizele UV-Vis au evidențiat apariția benzilor caracteristice nanoparticulelor de argint în intervalul 300–700 nm, confirmând formarea și stabilitatea nanostructurilor în timp. Studiile XRD au demonstrat prezența fazei cristaline de argint cu structură cubică, fiind identificate maxime specifice planurilor de difracție (111), (220) și (311), ceea ce confirmă formarea nanoparticulelor metalice cristaline. În cazul extractului de ferigă au fost evidențiate atât planurile specifice argintului metalic, cât și prezența oxidului de argint.

Analizele TEM au evidențiat nanoparticule predominant sferice și semisferice, alături de un număr redus de forme triunghiulare și elipsoidale. Distribuția dimensională a nanoparticulelor a fost relativ uniformă, iar imaginile obținute au confirmat dimensiunile reduse și buna dispersie a nanomaterialelor fitosintetizate. Rezultatele au demonstrat că extractele din tescovină și ferigi au avut un rol esențial atât în reducerea ionilor metalici, cât și în stabilizarea nanoparticulelor formate. Aceste rezultate confirmă eficiența metodelor ecologice de fitosinteză și potențialul utilizării deșeurilor vegetale pentru obținerea de nanomateriale cu aplicații în agricultură și protecția plantelor. Rezultatele obținute au evidențiat diferențe importante între extractul de ferigă și nanoparticulele de argint fitosintetizate în ceea ce privește activitatea antimicrobiană împotriva agentului patogen *Plasmopara viticola*. Testele realizate în condiții de laborator au arătat că extractul de ferigă nu a prezentat efect antimicrobian semnificativ, rezultatele fiind similare cu cele ale controlului negativ. În schimb, varianta conținând nanoparticule de argint fitosintetizate a manifestat un efect inhibitor important asupra dezvoltării patogenului, formând o zonă de inhibiție de aproximativ jumătate din cea obținută la fungicidul comercial utilizat ca martor pozitiv. Aceste rezultate confirmă potențialul ridicat al nanoparticulelor de argint în controlul agenților fitopatogeni ai viței-de-vie.

## **CAPITOLUL VI. REZULTATELE APLICĂRII SOLUȚIILOR PROPUSE**

Observațiile realizate în urma aplicării extractelor din deșeuri viticole și a nanoparticulelor fitosintetizate au evidențiat un efect antifungic important asupra patogenului *Uncinula necator* la

ambele genotipuri analizate. În cazul genotipului Fetească neagră 6 Șt., aplicările repetate ale extractelor și ale produsului organic au redus semnificativ frecvența atacului, iar după ultimul tratament plantele tratate nu au mai prezentat simptome de făinare. În schimb, la varianta martor numărul frunzelor afectate a continuat să crească progresiv până la afectarea totală a aparatului foliar. De asemenea, intensitatea și gradul de atac al făinării au fost semnificativ mai mici la variantele tratate comparativ cu controlul negativ, efectul protector menținându-se pe întreaga perioadă experimentală.

În cazul genotipului Fetească regală 72 Șt., toate extractele obținute din deșeuri viticole au determinat reducerea semnificativă a numărului de frunze afectate de făinare comparativ cu varianta martor. Unele variante experimentale, precum V1, V3 și V5, au menținut constant numărul frunzelor afectate pe întreaga perioadă de studiu, demonstrând o bună capacitate de control al patogenului. Intensitatea atacului și gradul de acoperire al frunzelor cu făinare au fost semnificativ reduse la toate variantele tratate, în special în lunile iulie și august. În timp ce la variantele tratate evoluția bolii s-a stabilizat sau s-a stopat la sfârșitul lunii august, la controlul negativ atacul a continuat să crească până în luna octombrie.

Metodologia experimentală a constat în monitorizarea frecvenței atacului (F%), intensității atacului (I%) și gradului de atac (Ga%) al făinării pe frunzele plantelor tratate foliar cu extracte hidroalcoolice, variante îmbunătățite cu nanoparticule de argint și produsul organic Growspore LF. Evaluările au fost realizate periodic, pe parcursul mai multor luni de vegetație, prin compararea variantelor experimentale cu martorul negativ. Datele au fost prelucrate statistic utilizând analiza ANOVA și testul Tukey pentru evidențierea diferențelor semnificative dintre tratamente. Studiul confirmă eficiența extractelor vegetale și a nanoparticulelor fitosintetizate ca alternative ecologice pentru controlul făinării la vița-de-vie.

Testările efectuate în cultura viticolă au evidențiat efectele fiziologice și biochimice ale extractelor obținute din deșeuri viticole și ale nanoparticulelor fitosintetizate asupra genotipurilor Fetească neagră 6 Șt. și Fetească regală 72 Șt. Observațiile privind viabilitatea grăunciorilor de polen au arătat că variantele conținând nanoparticule de argint, în special V2, V4 și V6, au îmbunătățit semnificativ viabilitatea și dimensiunea grăunciorilor de polen comparativ cu varianta martor. Cele mai bune efecte au fost înregistrate la genotipul Fetească regală 72 Șt., unde viabilitatea polenului a crescut cu peste 8% în variantele tratate cu extracte din coarde și nanoparticule de argint. În schimb, unele variante experimentale și produsul organic Growspore LF au redus numărul total al grăunciorilor de polen.

Determinările privind suprafața foliară au evidențiat răspunsuri diferite în funcție de genotipul analizat. La genotipul Fetească neagră 6 Șt. toate variantele experimentale au determinat reducerea suprafeței foliare comparativ cu varianta martor, efect observat atât în faza de apariție a inflorescențelor, cât și la intrarea în pârgă. În schimb, la genotipul Fetească regală 72 Șt. majoritatea tratamentelor au stimulat dezvoltarea limbului foliar, fiind înregistrate suprafețe foliare

mai mari comparativ cu controlul negativ. Aceste observații indică o reacție diferită a celor două genotipuri la aplicarea extractelor și a nanoparticulelor fitosintetizate.

Analizele privind conținutul în pigmenți clorofilieni și carotenoizi au evidențiat influențe importante ale tratamentelor asupra activității fotosintetice a plantelor. În fenofaza de înflorire, la genotipul Fetească neagră 6 Șt., majoritatea extractelor au redus conținutul de clorofilă „a” și „b”, indicând un efect inhibitor asupra aparatului fotosintetic. În schimb, la genotipul Fetească regală 72 Șt., variantele conținând nanoparticule de argint, în special V2 și V4, au determinat creșteri semnificative ale clorofilei „a”, clorofilei „b” și ale pigmentilor carotenoizi. În fenofaza de dezvoltare și maturare a boabelor, efectele tratamentelor au variat în funcție de genotip și tipul extractului, fiind observate atât creșteri ale pigmentilor fotosintetici, cât și reduceri ale acestora. Cele mai favorabile efecte au fost asociate variantelor îmbunătățite cu nanoparticule de argint, care au stimulat acumularea pigmentilor fotosintetici și au influențat pozitiv raportul clorofilă „a”/„b”.

Determinările privind lungimea stomatelor și gradul de deschidere al ostiolelor au demonstrat că extractele și nanoparticulele au influențat procesele fiziologice implicate în schimburile gazoase și reglarea transpirației. La genotipul Fetească neagră 6 Șt. au fost observate creșteri ale lungimii stomatelor în special la variantele V1 și V3, iar deschiderea ostiolelor a prezentat fluctuații semnificative pe parcursul perioadei de vegetație. La genotipul Fetească regală 72 Șt., variantele V4 și V6 au determinat creșteri ale deschiderii ostiolelor în luna iunie, în timp ce în luna august s-au observat diminuări ale acestui parametru. Aceste modificări fiziologice sugerează că tratamentele aplicate au influențat adaptarea plantelor la condițiile de mediu și funcționarea aparatului stomatic

Aplicarea extractelor obținute din deșeurile viticole și a nanoparticulelor fitosintetizate a influențat semnificativ compoziția biochimică a mustului și gradul de maturare al lemnului. În ceea ce privește conținutul de zahăr al mustului provenit de la genotipul Fetească regală 72 Șt., toate variantele experimentale au determinat creșteri semnificative comparativ cu varianta martor. Cele mai mari creșteri au fost înregistrate la produsul organic Growspore LF și la variantele V5 și V6, demonstrând că extractele și nanoparticulele pot contribui la acumularea glucidelor și implicit la îmbunătățirea calității strugurilor și a potențialului alcoolic al vinului. În paralel, toate tratamentele au determinat reducerea acidității mustului comparativ cu controlul negativ, cele mai mari scăderi fiind observate la variantele V3 și V4. Aceste modificări biochimice indică o influență favorabilă asupra echilibrului dintre zahăr și aciditate, parametri esențiali pentru calitatea vinului.

Analizele privind conținutul mineral al mustului au evidențiat creșteri ale concentrației ionilor de calciu și potasiu în majoritatea variantelor experimentale comparativ cu varianta martor. Ionii de calciu au crescut în special după aplicarea variantelor V1, V3, V4, V5 și V6, aspect important pentru rezistența strugurilor la agenții patogeni și pentru stabilitatea fiziologică a boabelor. Concentrația ionilor de potasiu a fost mai mare la toate variantele tratate, sugerând stimularea proceselor metabolice și a acumulării glucidelor. În cazul nitratilor, doar variantele V2 și V6 au prezentat creșteri ale concentrației, în timp ce celelalte variante au înregistrat valori mai

reduse comparativ cu controlul negativ. Totodată, toate variantele experimentale au menținut un pH acid al mustului, favorabil proceselor fermentative și stabilității vinului.

Evaluarea gradului de maturare al lemnului a arătat că extractele aplicate au influențat diferit maturarea coardelor în funcție de secțiunea analizată și de genotip. La genotipul Fetească neagră 6 Șt., unele variante experimentale au determinat reducerea diametrului măduvei și modificări ale diametrului lemnului, însă raportul măduvă/lemn a rămas subunitar la toate variantele, indicând o maturare corespunzătoare a lemnului. La genotipul Fetească regală 72 Șt. s-au observat efecte mai reduse asupra maturării coardelor, fiind evidențiate doar unele diminuări ale diametrului măduvei și ale raportului măduvă/lemn în anumite variante experimentale. În ansamblu, tratamentele aplicate nu au afectat negativ procesele de maturare, iar valorile raportului măduvă/lemn au confirmat o bună lignificare a coardelor.

Determinările privind conținutul de apă al materialului lemnos au arătat că tratamentele au influențat gradul de maturare al coardelor în special la genotipul Fetească regală 72 Șt. Variantele V1, V3 și V6 au determinat reducerea conținutului de apă liberă și apă totală din coarde, ceea ce indică un grad mai bun de maturare și o rezistență mai mare la condițiile de iernare. În același timp, conținutul de substanță uscată al coardelor a crescut semnificativ în variantele V1, V3 și V5 comparativ cu varianta martor. Aceste observații demonstrează că extractele obținute din deșeurile viticole și nanoparticulele fitosintetizate pot contribui la îmbunătățirea maturării lemnului și la creșterea rezistenței fiziologice a plantelor de viță-de-vie.

Analizele biochimice realizate asupra materialului lemnos au urmărit influența extractelor obținute din deșeurile viticole și a produsului organic Growspore LF asupra procesului de maturare a coardelor de viță-de-vie, prin determinarea conținutului de amidon, zaharuri solubile și zaharuri totale. La genotipul Fetească neagră 6 Șt. au fost evidențiate diferențe semnificative doar în cazul variantelor experimentale îmbunătățite cu nanoparticule de argint V4 și V6, unde s-au înregistrat creșteri ale conținutului de amidon și zaharuri totale comparativ cu varianta martor. Aceste creșteri indică o acumulare mai intensă a substanțelor de rezervă în coarde și sugerează un efect pozitiv al nanoparticulelor asupra maturării lemnului. În schimb, conținutul zaharurilor solubile nu a prezentat diferențe semnificative între variantele experimentale.

La genotipul Fetească regală 72 Șt., aplicarea extractelor și a produsului organic Growspore LF nu a influențat semnificativ conținutul de amidon, zaharuri solubile și zaharuri totale, valorile înregistrate fiind apropiate de cele ale variantei controlului negativ. Aceste observații sugerează că răspunsul fiziologic al procesului de maturare diferă în funcție de genotipul analizat. Studiul confirmă importanța acumulării carbohidraților de rezervă în maturarea coardelor și evidențiază faptul că variantele cu nanoparticule de argint au avut cele mai favorabile efecte asupra compoziției biochimice a materialului lemnos la genotipul Fetească neagră 6 Șt.

## CONCLUZII GENERALE ȘI PERSPECTIVE

Teza de doctorat intitulată „*Dezvoltarea de noi secvențe de fertilizare pentru creșterea calitativă și cantitativă a producției genotipurilor de viță-de-vie, în contextul schimbărilor climatice actuale ale arealului viticol Ștefănești – Argeș*” a avut ca scop principal dezvoltarea unor fertilizanți inovatori și elaborarea secvențe tehnologice alternative, sustenabile, capabile să îmbunătățească productivitatea viței-de-vie, calitatea strugurilor și gradul de maturare a lemnului, în concordanță cu cerințele actuale privind reducerea inputurilor chimice și adaptarea la schimbările climatice.

Obiectivele specifice propuse, concluziile cercetărilor fiind multiple și relevante, reflectând atât complexitatea proceselor fiziologice și biochimice analizate, cât și potențialul ridicat al extractelor și nanomaterialelor sintetizate pentru utilizare în viticultură.

*Concluzii raportate la obiectivele specifice.*

Cercetările efectuate au demonstrat că extractele obținute din deșeuri viticole pot fi valorificate eficient ca fertilizanți alternativi, cu un potențial bioactiv ridicat și cu efecte diferențiate în funcție de tipul de material vegetal, genotip și secvența de aplicare (faza fenologică, numărul aplicărilor, intervalele dintre acestea, modul de aplicare).

Analizele fitochimice și cromatografice au confirmat existența unui profil fenolic complex al extractelor, evidențiind capacitatea acestora de a influența pozitiv metabolismul secundar al viței-de-vie și de a contribui la creșterea activității antioxidante a strugurilor.

Dezvoltarea și aplicarea secvenței alternative de fertilizare au condus la răspunsuri fiziologice și biochimice favorabile, demonstrând că aceste abordări pot constitui soluții viabile pentru optimizarea tehnologiei viticole în condiții de stres climatic.

Evaluarea productivității a evidențiat faptul că tratamentele experimentale au susținut potențialul productiv al genotipurilor studiate, fără a induce dezechilibre majore între creșterea vegetativă și cea reproductivă.

Determinările privind gradul de maturare a lemnului au arătat că aplicarea extractelor nu a afectat negativ procesele de lignificare și acumulare a substanțelor de rezervă, contribuind la menținerea unei stări fiziologice optime a plantelor.

Parametrii fiziologici și biometrici analizați au evidențiat un impact diferențiat al tratamentelor asupra vigoriei vegetative și funcționalității aparatului foliar, subliniind necesitatea adaptării secvențelor de fertilizare la specificul fiecărui genotip.

Evaluarea calității strugurilor a confirmat influența pozitivă a tratamentelor asupra parametrilor tehnologici și biochimici ai recoltei, cu implicații directe asupra valorii oenologice a materiei prime.

Rezultatele privind controlul fitopatologic au demonstrat eficiența extractelor în reducerea presiunii patogenilor, evidențiind potențialul acestora de integrare în strategii de protecție ecologică a viței-de-vie.

*Obținerea, caracterizarea și aplicarea extractelor de fertilizare.* Extractele obținute din deșeuri viticole au prezentat o variabilitate ridicată a compoziției fitochimice, determinată de tipul materialului vegetal (frunze vs. coarde), genotip și metoda de îmbogățire. Extractele din coarde au

demonstrat un potențial bioactiv superior comparativ cu cele din frunze, în special în ceea ce privește conținutul de polifenoli și activitatea antioxidantă, confirmând valoarea deșeurilor viticole ca materie primă pentru fertilizanți alternativi.

*Analiza fitochimică și cromatografică (TPC, DPPH, HPLC).* Conținutul total de polifenoli a variat semnificativ în funcție de tipul de deșeu viticol și de variantă, cele mai ridicate valori fiind asociate extractelor obținute din coarde, în timp ce extractele din frunze au prezentat niveluri mai reduse. Aplicarea extractului hidroalcoolic din frunze îmbogățit cu nanoparticule de argint a determinat o diminuare a conținutului total de polifenoli din must comparativ cu martorul negativ.

Capacitatea antioxidantă determinată prin metoda DPPH a evidențiat valori superioare pentru extractele obținute din coarde comparativ cu cele din frunze. Extractul din frunze îmbogățit cu nanoparticule de argint a stimulat activitatea antioxidantă a mustului la genotipul Fetească regală 72 Șt., în timp ce în celelalte variante nu s-au înregistrat diferențe relevante față de martor. Analizele HPLC au evidențiat un profil fenolic complex pentru extractele analizate, cu un număr mai mare de compuși identificați în extractele obținute din coarde comparativ cu cele din frunze. Rezveratrolul, catechinele și epicatechinele s-au remarcat ca fiind principalii compuși fenolici identificați, confirmând potențialul bioactiv ridicat al extractelor hidroalcoolice. Îmbogățirea cu nanoparticule de argint a indus modificări cantitative ale compoziției fenolice, manifestate prin diminuarea concentrațiilor unor compuși, fără a afecta diversitatea generală a profilului chimic.

*Dezvoltarea de secvențe alternative de fertilizare.* Aplicarea secvențelor experimentale de fertilizare a generat răspunsuri fiziologice și biochimice distincte, dependente de genotip și fenofază. Unele variante experimentale au manifestat efecte stimulative asupra metabolismului fotosintetic și reproductiv, în timp ce altele au indus răspunsuri inhibitorii temporare, fără a compromite dezvoltarea generală a plantelor.

*Determinarea productivității (CFA, CFR, greutatea strugurilor).* Coeficienții de fertilitate au indicat o îmbunătățire a potențialului productiv la majoritatea variantelor experimentale comparativ cu martorul negativ. Greutatea medie a strugurilor și masa a 100 de boabe au fost semnificativ influențate de tratamente, variantele V2, V3, V6 și produsul organic Growspore LF evidențiindu-se prin efecte favorabile asupra acumulării de biomasă.

*Gradul de maturare a lemnului (raport măduvă/lemn, apă, glucide).* Analizele anatomice și biochimice au demonstrat că aplicarea extractelor nu a afectat negativ maturarea lemnului, raportul măduvă/lemn menținându-se subunitar la toate variantele. În cazul genotipului Fetească regală 72 Șt., unele extracte au favorizat reducerea conținutului de apă liberă și creșterea substanței uscate, indicând o maturare superioară a țesutului lemnos.

*Determinări fiziologice și biometrice (stomate, suprafață foliară, lăstari).* Tratamentele aplicate au determinat modificări moderate ale deschiderii ostiolelor și ale lungimii stomatelor, cu răspunsuri specifice fiecărui genotip. Suprafața foliară a fost ușor redusă la Fetească neagră 6 Șt., dar accentuată la Fetească regală 72 Șt., iar creșterea lăstarilor a evidențiat un impact diferențiat al variantelor experimentale asupra vigorii vegetative.

*Calitatea strugurilor și a mustului (determinări chimice și HPLC).* Extractele din deșeuri viticole au contribuit la creșterea conținutului de zahăr din must și la reducerea acidității,

îmbunătățind parametrii tehnologici ai materiei prime pentru vinificație. Determinările HPLC au evidențiat îmbogățirea profilului polifenolic al strugurilor și o activitate antioxidantă crescută, confirmând impactul pozitiv al tratamentelor asupra calității recoltei.

#### **Controlul fitopatogenului *Uncinula necator*.**

Toate variantele experimentale au demonstrat eficiență în reducerea frecvenței, intensității și gradului de atac al făinării comparativ cu martorul negativ. Extractele din deșeuri viticole au limitat progresia patogenului pe parcursul perioadei de vegetație, confirmând potențialul lor de utilizare ca alternative ecologice în managementul bolilor viței-de-vie.

#### **Concluzii finale**

În concluzie, cercetările realizate în cadrul acestei teze de doctorat susțin ipoteza conform căreia extractele obținute din deșeuri viticole pot fi integrate cu succes în tehnologii alternative de fertilizare și protecție a viței-de-vie, contribuind la creșterea sustenabilității sistemelor viticole și la valorificarea superioară a subproduselor agroindustriale.

#### **Perspective de viitor**

*Viitoarele direcții de cercetare se vor orienta către testarea și optimizarea extractelor și a secvențelor de fertilizare asupra unui spectru mai larg de genotipuri de viță-de-vie, precum și aplicarea acestora atât în condiții controlate, în spații protejate, cât și în câmp deschis, pentru a evalua răspunsul fiziologic și productiv în contexte variabile. Totodată, vor fi efectuate studii de evaluare pe termen lung asupra calității strugurilor și mustului, a parametrilor biochimici ai plantelor și a mecanismelor fiziologice implicate, cu scopul dezvoltării unor strategii viticole durabile, eficiente și adaptate schimbărilor climatice.*

## **CAPITOLUL VIII. CONTRIBUȚII ORIGINALE**

### **Contribuții teoretice și științifice**

- Fundamentarea relației dintre nutriția minerală, parametrii fiziologici și calitatea strugurilor, în condițiile pedoclimatice specifice arealului viticol Ștefănești – Argeș, sub impactul schimbărilor climatice actuale.
- Evidențierea rolului extractelor derivate din deșeuri viticole, îmbogățite cu nanoparticule de argint, în stimularea proceselor fiziologice, activarea mecanismelor de apărare și creșterea acumulării de compuși bioactivi relevanți pentru calitatea strugurilor.
- Corelarea integrată a analizelor biochimice, fiziologice, biometrice și de productivitate, ceea ce a condus la o înțelegere complexă și holistică a efectelor fertilizării inovative asupra viței-de-vie.

### **Contribuții metodologice**

- Elaborarea și validarea unor secvențe de fertilizare inovative, care combină fertilizanți convenționali, produse organice și biopreparate obținute din deșeuri viticole.

- Implementarea și compararea unor metode moderne de obținere și caracterizare a extractelor vegetale (extractione clasică și extractione asistată cu microunde), completate de determinări prin HPLC, UV-Vis, XRD și TEM.
- Integrarea într-un cadru experimental unitar a unor analize multidimensionale: biochimice (polifenoli, capacitate antioxidantă), fiziologice (stomate, suprafață foliară, creșterea lăstarilor), biometrice și de productivitate (viabilitatea polenului, coeficienți de fertilitate, greutatea strugurilor, masa boabelor), fitopatologice (gradul de atac al patogenului *Uncinula necator*) și de calitate a mustului (zahăr, aciditate, și pH-ul).

### **Contribuții aplicative și practice**

- Propunerea unor alternative viabile și sustenabile la fertilizarea clasică, prin utilizarea biopreparatelor inovative și a produselor organice, cu beneficii demonstrate asupra productivității și calității strugurilor.
- Valorificarea deșeurilor viticole în cadrul unei economii circulare, prin transformarea acestora în biopreparate cu valoare agronomică ridicată și impact redus asupra mediului.
- Formularea unor recomandări practice pentru viticultori, orientate spre creșterea rezilienței viței-de-vie la stresurile climatice, menținerea calității producției și adaptarea la cerințele pieței.
- Crearea unui model experimental reproductibil și transferabil către alte areale viticole cu condiții similare, ceea ce conferă tezei relevanță științifică și aplicativă extinsă.

**Teza de doctorat are 132 de pagini**

## BIBLIOGRAFIE

- Gabaston, J.; Cantos-Villar, E.; Biais, B.; Waffo-Teguo, P.; Renouf, E.; Corio-Costet, M.-F.; Richard, T.; Mérillon, J.-M. Stilbenes from *Vitis vinifera* L. Waste: A Sustainable Tool for Controlling *Plasmopara viticola*. *J. Agric. Food Chem.* 2017, 65, 2711–2718.
- Aliaño-González, M. J.; Richard, T.; Cantos-Villar, E. Grapevine Cane Extracts: Raw Plant Material, Extraction Methods, Quantification, and Applications. *Biomolecules* 2020, 10(8), 1195.
- Baroi, A. M.; Popitiu, M.; Fierascu, I.; Sărdărescu, I.-D.; Fierascu, R. C. Grapevine Wastes: A Rich Source of Antioxidants and Other Biologically Active Compounds. *Antioxidants* 2022, 11(2), 393.
- Goufo, P.; Singh, R. K.; Cortez, I. A Reference List of Phenolic Compounds (Including Stilbenes) in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Roots, Woods, Canes, Stems, and Leaves. *Antioxidants* 2020, 9, 398.
- Richard, T.; El Khawand, T.; Taillis, D.; Da Costa, G.; Pedrot, E.; Cluzet, S.; Decendit, A.; Valls Fonayet, J. Chemical Process to Improve Natural Grapevine-Cane Extract Effectivity against Powdery Mildew and Grey Mould. *OENO One* 2021, 55, 81–91.
- Rashad, Y.M.; El-Sharkawy, H.H.A.; Belal, B.E.A.; Abdel Razik, E.S.; Galilah, D.A. Silica Nanoparticles as a Probable Anti-Oomycete Compound Against Downy Mildew, and Yield and Quality Enhancer in Grapevines. *Front. Plant Sci.* 2021, 12, 763365.
- Elmer, W.; White, J. C. The Future of Nanotechnology in Plant Pathology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2018, 56, 111–133.
- Gogos, A.; Knauer, K.; Bucheli, T. D. Nanomaterials in Plant Protection and Fertilization: Current State, Foreseen Applications, and Research Priorities. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60(39), 9781–9792.
- Fernandes, F.; Ramalhosa, E.; Pires, P.; Verdial, J.; Valentão, P.; Andrade, P.; Bento, A.; Pereira, J. A. *Vitis vinifera* Leaves Towards Bioactivity. *Ind. Crops Prod.* 2013, 43, 434–440.
- Călinescu, M.; Ungureanu, C.; Marin, F.; Militaru, M.; Soare, L.C.; Fierăscu, R.; Fierăscu, I. Antifungal Activities of Vegetal Extract Obtained from *Dryopteris filix-mas* (L.) Fern. *Fruit Grow. Res.* 2019, 35, 65–71.
- Fierascu, I. C.; Fierascu, I.; Baroi, A. M.; Ungureanu, C.; Ortan, A.; Avramescu, S. M.; Dinu-Parvu, C. E. Phytosynthesis of Biologically Active Silver Nanoparticles Using *Echinacea purpurea* L. Extracts. *Materials* 2022, 15(20), 7327.

- Avellan, A.; Yun, J.; Morais, B. P.; Clement, E. T.; Rodrigues, S. M.; Lowry, G. V. Critical Review: Role of Inorganic Nanoparticle Properties on Their Foliar Uptake and In Planta Translocation. *Environ. Sci. Technol.* 2021, 55, 13417–13431.
- Liu, R.; Lal, R. Potentials of Engineered Nanoparticles as Fertilizers for Increasing Agronomic Yields. *Sci. Total Environ.* 2015, 514, 131–139.
- Jackson, R.S. *Wine Science: Principles and Applications*. Academic Press, 2008.
- Dejeu, L. *Viticultură, Vol. 1 (Bazele biologice)*. Editura București, 2006.