
TEZA DE DOCTORAT

Evaluarea unor particularități de interes la diferite soiuri de măr și posibilități de utilizare a acestora în ameliorare

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand: **Paula-Andreea MORARIU**

Conducător de doctorat: **Prof. dr. h.c. Radu E. SESTRĂȘ**



INTRODUCERE

Mărul (*Malus domestica* Borkh.) este una dintre cele mai importante specii pomicele la nivel global, cu o largă răspândire în zonele temperate. Datorită adaptabilității ecologice și plasticității fenotipice ridicate, este cultivat din regiunile reci ale Asiei până în zone subtropicale (STROHM, 2023). Producția globală depășește 57 de milioane de tone metrice anual, peste 60 de țări contribuind la acest volum, cu China, SUA și țări din Europa în topul producătorilor (FAOSTAT, 2023).

Din punct de vedere horticola, mărul are o utilizare versatilă: consum în stare proaspătă, procesare industrială (sucuri, gemuri, cidru, oțet), depozitare pe termen lung sau utilizări ornamentale (SEPPA și colab., 2013; TEH și colab., 2021). Este, de asemenea, un simbol cultural puternic, prezent în mitologii și tradiții diverse. Mărul cultivat este rezultatul unui proces complex de hibridare și selecție, cu originea principală în Asia Centrală. Specia sălbatică *Malus sieversii*, din Munții Tian Shan (Kazahstan), este recunoscută drept strămoșul mărului domesticit (SESTRAȘ și SESTRAȘ, 2023). Studiile genetice confirmă rolul său esențial în domesticire, proces accelerat de rutele comerciale antice precum Drumul Mătăsii (JUNIPER și colab., 1998, BROWN, 2012).

Diversitatea varietală este impresionantă - între 6.000 și 15.000 de soiuri - însă piața globală este dominată de câteva varietăți comerciale precum 'Golden Delicious', 'Gala', 'Fuji' și 'Granny Smith'. În ultimele decenii, ameliorarea s-a concentrat pe obținerea unor soiuri moderne cu rezistență la boli, calitate gustativă ridicată și performanțe tehnologice. Un exemplu notabil este 'Crimson Snow', un soi cu succes internațional, apreciat pentru aspect, gust și comportament excelent la depozitare. Citogenetic, majoritatea soiurilor sunt diploide ($2n = 34$), dar există și triploide ($2n = 3x = 51$) cu influență asupra fertilității și vigorii (SESTRAȘ, 2004; ȘTEFAN, 2013).

Taxonomia genului *Malus* rămâne complexă, iar studiile recente de secvențiere contribuie la clarificarea relațiilor filogenetice. Dincolo de aspectele comerciale, mărul joacă un rol esențial în alimentația sănătoasă, furnizând antioxidanți și fibre, și susține ecosisteme durabile. În contextul schimbărilor climatice și al cerințelor pieței, ameliorarea genetică avansată este crucială pentru menținerea relevanței acestei specii în horticultura globală (SESTRAȘ, 2004).

Merele crab, sau ornamentale, sunt, de asemenea, cunoscute pentru valoarea lor decorativă. Aspectul lor floral și frunzișul atractiv și ideotipul arhitectural al pomilor, conferă soiurilor ornamentale o apreciere și utilizare largă în parcurile și spațiile verzi din centrele urbane (TITIRICĂ și colab., 2023; DAN și colab., 2015).

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT. MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

Teza de doctorat intitulată *“Evaluarea unor particularități de interes la diferite soiuri de măr și posibilități de utilizare a acestora în ameliorare”* este structurată în trei părți principale, însumând un număr de 160 de pagini și conține 8 capitole, 31 tabele, 35 de figuri și 203 referințe bibliografice atât naționale cât și internaționale.

Prima parte a tezei reprezintă o analiză documentară amplă a stadiului actual al cunoașterii în domeniul culturii și ameliorării mărului. Această parte este structurată în cinci capitole și oferă o sinteză cuprinzătoare a informațiilor relevante din literatura de specialitate. Capitolul 1 abordează importanța economică, socială și alimentară a mărului ca specie pomicolă, accentuând diversitatea cultivarelor și nevoia continuă de creare a unor noi soiuri, adaptate cerințelor pieței și provocărilor climatice. Capitolul 2 este dedicat originii și centrelor de diversitate genetică ale mărului, prezentând evoluția speciei *Malus domestica* și contribuția speciilor sălbatice la baza genetică a soiurilor actuale. Sunt evidențiate resursele genetice utilizabile în ameliorare și caracteristicile biologice esențiale pentru conservare și selecție. Capitolul 3 tratează obiectivele prioritare în ameliorarea mărului, precum productivitatea, calitatea fructelor (culoare, formă, gust), rezistența la boli (rapăn, făinare) și dăunători, adaptabilitatea la diferite condiții climatice, perioada de înflorire și maturare, precum și rezistența la ger. Capitolul 4 este consacrat metodelor de ameliorare aplicabile în cadrul speciei, de la hibridări clasice intraspecifice și interspecifice, la mutageneză și utilizarea biotehnologiilor moderne, inclusiv markerii moleculari. Capitolul 5 oferă o viziune integrantă asupra perspectivei ameliorării mărului și subliniază importanța conservării resurselor genetice pentru viitorul pomiculturii durabile.

Partea a doua a tezei este dedicată contribuției personale și este structurată în trei capitole, în care sunt prezentate scopul și obiectivele cercetării, particularitățile mediului natural în care au avut loc experimentele, materialul biologic și condițiile de experimentare și analiza trăsăturilor de interes în ameliorarea mărului.

Partea a treia a tezei cuprinde rezultatele obținute în cele trei experiențe efectuate. În prima experiență au fost studiate caracteristicile pomilor în funcție de sistemul de cultură, a producției în funcție de soi și sistemul de cultură, caracteristicile morfologice ale fructelor în funcție de soi și origine, fermitatea, culoarea și caracteristicile biochimice ale fructelor în funcție de soi și cele trei surse de proveniență, rezultatele obținute privind calitatea fructelor din analiza organoleptică utilizând scara hedonică de evaluare, precum și rezultatele obținute în ceea ce privește complexitatea caracteristicilor și interacțiunile dintre acestea, prin analize multivariate. În cea de-a doua experiență au fost studiate proprietățile fizico-chimice ale fructelor, rezultatele analizelor multivariate și proprietățile organoleptice ale fructelor, la 34 soiuri de măr din colecția de germoplasmă a Institutului de Cercetare-Dezvoltare pentru Pomicultură Pitești-Mărăcineni (ICDPP). În cea de-a treia experiență a fost studiată incidența agenților patogeni și a dăunătorilor merilor în timpul sezonului de vegetație, rata de infecție și nivelul de infestare în funcție de cele șase livezi studiate și soiuri și relația dintre factorii de stres biotici și condițiile de mediu și

management. Teza se încheie cu capitolul 8, care se referă la originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei.

Rezultatele tezei au fost diseminate în cadrul a trei articole științifice publicate în reviste de specialitate, indexate ISI.

Concluziile cercetării aduc o contribuție importantă la selecția genotipurilor de măr cu potențial de ameliorare, oferind date aplicabile în programe viitoare de hibridare și introducere a soiurilor în cultură.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Rezultatele obținute în **prima experiență** au oferit informații interesante referitoare la calitatea diferită a fructelor, atât în funcție de soi, cât și de proveniența acestora în cadrul aceluiași soi (datorită condițiilor de cultură, factorilor ecologici, interacțiunilor multiple dintre variabile etc.). Studiul a oferit rezultate de interes privind creșterea pomilor și caracteristicile de producție și calitate ale fructelor la soiurile de măr cultivate în aceeași locație, dar în sisteme diferite de cultivare, respectiv intensiv și super-intensiv. S-au observat diferențe semnificative în creșterea pomilor între cele două sisteme, atribuite vârstei mai tinere a livezii super-intensive și constrângerilor inerente plantării la densitate mare. Dintre soiuri, 'Florina' în sistemul intensiv și 'Granny Smith' în sistemul super-intensiv au prezentat cea mai mare vigoare, având o înălțime a pomilor și un diametru al trunchiului superioare.

Caracteristicile de producție au variat semnificativ între soiuri și sisteme. În livada intensivă, 'Starkrimson' și 'Golden Delicious' au avut cea mai mare producție de fructe, în timp ce 'Granny Smith' s-a remarcat în sistemul super-intensiv. Indicele de producție, un indicator relevant al producției pe unitatea de suprafață a secțiunii transversale a trunchiului, care depinde puternic de mulți factori, a fost cea mai mare pentru soiul 'Starkrimson' în sistemul intensiv și 'Pinova' în sistemul super-intensiv. Autofertilitatea și fertilitatea naturală au variat, 'Golden Delicious' arătând cea mai mare autofertilitate în ambele sisteme și cea mai mare fertilitate naturală. Soiul 'Fuji' a prezentat cele mai scăzute valori ale fertilității în sistemul super-intensiv. Rezultatele subliniază impactul sistemelor de cultivare și al selecției soiurilor asupra creșterii pomilor și productivității, așa cum a fost demonstrat anterior în multe studii.

Sistemul super-intensiv, deși produce pomi mai mici, a demonstrat un potențial ridicat pentru utilizarea eficientă a spațiului și o creștere mai mare a lăstarilor, ceea ce poate contribui la productivitatea pe termen lung. Indicele mai mare de producție (un parametru influențat de vigoarea pomilor și randamentul indus de genotipul soiului și portaltolui, distanțarea, formarea și tăierea, interacțiunea dintre sistemul de cultură și factorii de mediu etc.) în livada de mare densitate a confirmat că acest sistem poate susține o producție totală mai mare de fructe. Variabilitatea producției între soiuri confirmă importanța selecției soiurilor adecvate pentru sisteme specifice de cultură,

pentru a optimiza productivitatea și eficiența resurselor. Cercetări viitoare ar trebui să exploreze performanța pe termen lung și viabilitatea economică, pentru a ghida strategiile de management ale livezilor. Rezultatele au indicat că merele analizate au avut un conținut chimic variabil, inclusiv conținut mineral, ceea ce sugerează că diferențele pot fi datorate genotipurilor (soi), condițiilor ecologice și tehnologice în care au fost obținute fructele, variațiilor regionale, momentului recoltării sau testării etc.. Deși investigația nu a acoperit toate direcțiile de cercetare propuse, rezultatele oferă perspective valoroase asupra efectelor și influențelor selecției soiului și a sistemelor de plantare asupra anumitor trăsături productive și calitative, așa cum s-a observat în cercetarea realizată în livada Boz. Corelațiile Pearson au relevat relații între diferite aspecte ale creșterii și eficienței pomilor, unele dintre ele neașteptate, dar utile pentru managementul livezilor. Livezile de mare densitate, care asigură producții consistente și anuale, împreună cu o calitate superioară a fructelor, în condiții economice eficiente, necesită o înțelegere cuprinzătoare a tuturor factorilor implicați și a interrelațiilor acestora, precum și o luare de decizii judicioase. O comparație mai robustă ar fi putut fi realizată printr-un tip de studiu care să asigure condiții identice între plantații, cum ar fi utilizarea acelorași soiuri, sisteme și tehnologii de cultură uniforme, livezi de aceeași vârstă, pomi altoiți pe același portaltoi și aplicarea consistentă a tratamentelor. Astfel de condiții ar fi stabilit un cadru obiectiv pentru comparație. Deși soiul 'Golden Delicious' a fost prezent în ambele plantații, studiul s-a concentrat exclusiv pe caracteristicile de calitate ale fructelor din plantația intensivă. Inițial, s-a considerat metodologic nesigur să se compare aceste rezultate cu cele din plantația super-intensivă. Totuși, o astfel de comparație ar fi putut oferi perspective asupra posibilelor asemănări sau diferențe în calitatea fructelor pentru același soi, în condiții pedoclimatice identice, dar cu sisteme de cultură sau tehnologii diferite. Datorită absenței unui cadru adecvat pentru o analiză comparativă relevantă, studiul nu a pus accent pe comparații directe între cele două livezi. În schimb, cercetarea a prioritizat o analiză comparativă a diferitelor soiuri și a celor trei origini distincte ale fructelor. Deși evaluările analitice și senzoriale au fost realizate uniform și consecvent, determinările efectuate în prima decadă a lunii octombrie ar fi putut introduce unele variații datorate diferențelor în stadiile de coacere ale soiurilor. Această variabilitate subliniază importanța luării în considerare a factorilor de temperatură în studiile viitoare, pentru a asigura comparații mai precise și mai fiabile.

Totuși, calitatea merelor este influențată de multiple variabile, inclusiv soiul și mediul de cultivare. Experiența a evidențiat diferențe semnificative în dimensiunea, culoarea și fermitatea fructelor, elemente esențiale pentru acceptabilitatea consumatorilor. Comparativ cu literatura existentă, Musacchi și Serra, 2017, au subliniat importanța factorilor agronomici și ecologici în determinarea parametrilor de calitate, cum ar fi conținutul de zaharuri solubile și aciditatea. Argenta și colab., 2022, au demonstrat că mediul de cultivare influențează fermitatea merelor și compoziția

biochimică, confirmând că merele cultivate la altitudini mai mari au o fermitate superioară și o concentrație mai mare de compuși bioactivi. În plus, nu doar soiul, ci și portaltoiul poate influența compoziția chimică a fructelor. Compoziția chimică a merelor analizate în studiul actual a relevat diferențe semnificative între soiuri, cu soiul 'Starkrimson' obținând cel mai mare conținut de substanță uscată și zaharuri. Rezultate similare au fost raportate de Mignard și colab., 2021, care au constatat că adaptarea genetică și condițiile climatice influențează nivelurile de antioxidanți și capacitatea totală de antioxidanți a merelor. Mai mult, Milosevic și colab., 2022, au subliniat impactul fertilizării asupra conținutului de polifenoli și flavonoide, sugerând că practicile agricole pot fi optimizate pentru a îmbunătăți valoarea nutrițională a merelor. În plus, studii recente au demonstrat că diferențele genetice dintre soiuri pot conduce la variații în conținutul de fibre, minerale și vitamine, contribuind astfel la beneficiile pentru sănătate ale merelor. Evaluarea hedonică a calității merelor este esențială pentru înțelegerea preferințelor consumatorilor. Studiul analizat a arătat că soiurile 'Pinova' și 'Golden Delicious' au fost cele mai apreciate soiuri, ceea ce se aliniază cu Gatti și colab., 2011, care au demonstrat că dulceața, aroma și textura crocantă sunt factori cheie în selecția consumatorilor. De asemenea, Seppä și colab., 2013 au constatat că definiția unui măr ideal variază în funcție de percepțiile individuale, dar fermitatea și echilibrul dintre dulceață și aciditate rămân constante în preferințele generale. Studiul lui Hampson și colab., 2000, confirmă importanța metodelor senzoriale în selecția celor mai apreciate soiuri de mere, indicând faptul că percepțiile consumatorilor privind gustul și textura influențează deciziile de cumpărare și consum. Comparând aceste rezultate cu literatura de specialitate, există o convergență clară a datelor care indică faptul că practicile agricole și mediile de cultură joacă un rol determinant în modelarea caracteristicilor merelor. În plus, analiza senzorială s-a dovedit a fi un instrument esențial în evaluarea calității, oferind informații valoroase pentru producători și comercianți. Îmbunătățirea metodelor de cultivare și selecția atentă a soiurilor ar putea spori competitivitatea pe piața merelor. Mai mult, utilizarea integrată a analizei senzoriale ar putea îmbunătăți selecția și promovarea comercială a celor mai viabile soiuri de mere.

Analizele senzoriale sunt indispensabile în ameliorarea merelor, în special pentru selecția și promovarea noilor soiuri. Cu toate acestea, deși acest studiu a demonstrat fiabilitatea testării senzoriale în diferențierea calității merelor prin scoruri, dovedind astfel aplicabilitatea acestora pentru discriminarea calitativă a soiurilor, nu putem afirma că această fiabilitate se extinde la utilizarea acestor teste în procesul de ameliorare. Drept urmare, susținem că testele senzoriale care utilizează o scală de la 1 la 9 pentru toate caracteristicile externe care contribuie la aspectul comercial, precum și pentru atributele de calitate intrinsecă ale merelor, nu sunt cele mai adecvate pentru utilizarea în selecția și promovarea hibrizilor sau selecțiilor clonale în etapele avansate ale procesului de ameliorare. Un argument puternic împotriva adecvării testelor

hedonice care folosesc o scală de la 1 la 9 este faptul că un eșantion (genotip—hibrid, selecție clonală, etc.) poate obține un scor total foarte mare dacă primește evaluarea maximă pentru șapte din opt atribute ale calității fructelor, chiar dacă gustul său este considerabil slab. Pe de altă parte, în ameliorarea și selecția merelor, un hibrid nu va avea nicio șansă de a fi selectat ca elită sau promovat la etape avansate dacă gustul fructului nu este excepțional. Prin urmare, o scală de scoruri diferențiată, cu greutate variabile atribuite în funcție de considerațiile fundamentale în ameliorare, este mult mai adecvată pentru analiza calității fructelor. De exemplu, o scală cu scoruri variind de la 1 la 3 pentru dimensiunea și forma fructului, precum și culoarea și textura pulpei, de la 1 la 5 pentru culoarea fructului, suculență și aromă, și de la 1 la 15 pentru gust, utilizată în studiile anterioare, ar reflecta mai precis diferențele în contribuția trăsăturilor esențiale la avansarea genotipurilor în procesul de ameliorare. O astfel de abordare nuanțată s-ar alinia mai bine cu prioritățile ameliorării merelor, asigurându-se că atributele cheie, precum gustul, primesc accentul care li se cuvine.

Rezultatele obținute în cadrul primei experiențe au fost publicate într-o revistă indexată ISI, cu următoarele date de identificare:

Morariu PA, Mureșan AE, Sestraș AF, Dan C, Andrean AF, Borsai O, Militaru M, Mureșan V, Sestraș RE (2025). The impact of cultivar and production conditions on apple quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 53(1):14046. <https://doi.org/10.15835/nbha53114046>

În **cea de-a doua experiență**, examinarea resursei de germoplasmă, cuprinzând 34 de soiuri de măr, a evidențiat variații substanțiale între genotipurile studiate în ceea ce privește trăsăturile organoleptice, biochimice și morfologice ale fructelor. Studiul a indicat o variație considerabilă între soiuri pentru majoritatea caracteristicilor fructelor, aspect de interes semnificativ pentru ameliorarea mărului, cultivarea acestuia și utilizării fructelor. Pentru fiecare caracteristică analizată, au fost evidențiate soiuri remarcabile prin valorile sau atributele lor superioare, astfel încât acestea să poată fi utilizate în scopuri diverse. Este cunoscut faptul că, în funcție de caracteristicile lor, diferite soiuri pot fi mai potrivite pentru anumite destinații sau utilizări ale fructelor și anume pentru consumul proaspăt, procesare casnică sau industrială, utilizare în prăjituri, tarte, plăcinte, gemuri, compoturi, piureuri, sucuri, jeleuri, oțet, cidru, alcool etc. Prin urmare, soiurile evidențiate pentru diferite atribute pot fi aplicate în principal pentru utilizări în care par mai potrivite. Asocierea principalelor caracteristici morfologice ale fructelor (dimensiuni, formă, greutate, volum) cu cele apreciate senzorial (mărime, formă, culoare) a oferit o imagine generală a soiurilor cu un aspect comercial atractiv. Este interesant de menționat că, printre aceste soiuri, se regăsesc soiuri vechi, inclusiv cele internaționale considerate “clasice” (de exemplu, ‘Jonathan’, ‘Kaltharer Böhmer’ și ‘Golden Delicious’), dar și unele soiuri vechi românești. ‘Crețesc Auriu’, o selecție clonală dintr-un soi autohton românesc foarte vechi, ‘Crețesc’, este un exemplu sugestiv, datând din perioada ameliorării

VIII

“empirice” a mărului. Aprecierea deosebită de care se bucură unele soiuri din sortimentul internațional clasic în România, precum ‘Jonathan’, dar și altele, cum ar fi ‘Kaltharer Böhmer’ în unele zone din Transilvania, reflectă probabil și adaptarea lor bună la condițiile de mediu locale. În plus, calitatea comercială dată de aspectul lor general atractiv, respectiv culoarea intensă și strălucitoare pe care o capătă fructele, în special în toamnele lungi și frumoase, cu zile calde și însorite și nopți mai răcoroase, este completată de calitatea gustativă și aroma bună a fructelor. Cu siguranță, particularitățile intrinseci ale fructelor și variația lor largă depind atât de genotip, cât și de condițiile de mediu și de interacțiunile dintre genotip și mediu. Atât caracteristicile epidermei fructelor, cât și textura pulpei fructelor, precum și compoziția biochimică a acestora, evidențiază diferențe semnificative între soiurile analizate. Investigația epidermei și texturii mărului a relevat o variație semnificativă între soiuri în ceea ce privește duritatea pielii, fermitatea pulpei și rezistența fructului, trăsături care pot influența capacitatea de păstrare și preferințele consumatorilor. Amplitudinea largă pentru substanțele solubile totale (10,6–20,7%), precum și conținutul de apă și cenușă al fructelor sau aciditatea titrabilă, în special conținutul total de carotenoizi (0,35–6,60 mg/100 g), s-au datorat atât diferențelor legate de soiuri (ca genotipuri), cât și ca o consecință directă a condițiilor ecologice și tehnologice în care au fost obținute fructele, care pot influența conținutul chimic. Astfel se pot explica probabil diferențele dintre numeroasele studii efectuate asupra merelor pentru caracteristici biochimice similare și limitele destul de largi între care acestea pot varia. Alte influențe pot fi adăugate datorită maturității la recoltare a fructelor, perioadei de păstrare a acestora și condițiilor de depozitare până la efectuarea analizelor, procedurile prin care au fost realizate analizele, metodele utilizate etc. Cu toate acestea, importanța merelor pentru sănătatea umană și valorile lor nutriționale se exprimă nu numai prin consumul de fructe proaspete, ci și prin diverse alte moduri de utilizare și procesare.

Clasificarea soiurilor analizate în prezentul studiu în trei grupuri principale a furnizat informații interesante și poate chiar o surpriză în comparație cu o ipoteză neformulată anterior, chiar dacă este una considerată evidentă. Astfel, ne așteptam să identificăm un progres genetic semnificativ între cele trei grupuri distincte de soiuri care reprezintă trei ere diferite din punct de vedere istoric și al evoluției ameliorării și cultivării mărului. Cu toate acestea, din punct de vedere statistic, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între cele trei grupuri în ceea ce privește principalele elemente care contribuie la calitatea generală a merelor. Totuși, poate fi considerată o surpriză faptul că nu grupul de soiuri moderne a înregistrat cele mai bune rezultate pentru caracteristicile morfologice, biochimice și senzoriale ale fructelor, ci grupul de soiuri internaționale clasice, reprezentate de soiuri originare în mare parte din secolele XVIII și XIX. Până la urmă, explicațiile ar putea fi datorate bunei adaptări a acestor soiuri la condițiile pedoclimatice din România și bineînțeles, faptului că soiurile analizate au

reprezentat doar mostre mici din numărul extrem de mare de soiuri de mere existente la nivel internațional.

Un alt obiectiv urmărit în studiul de față a fost identificarea posibilelor forme parentale pentru noi lucrări de ameliorare prin hibridare. Hibridarea artificială rămâne una dintre principalele metode de a provoca variabilitatea necesară pentru selecția de noi genotipuri superioare și crearea de noi soiuri. Eficiența selecției de noi soiuri depinde direct de valoarea formelor parentale utilizate în încrucișări dirijate și de selecția pertinentă a genitorilor materni sau paterni. Studiile de sortiment, precum cel realizat în acest experiment, pentru a identifica posibili părinți cu fructe de calitate superioară și adecvare pentru o destinație specifică, sunt cruciale pentru succesul ameliorării mărului. Studiul de față confirmă valoarea calitativă excepțională a fructelor numeroaselor soiuri din sortimentul internațional clasic, care continuă să se bucure de o apreciere foarte bună și sunt extrem de bine cotate în ceea ce privește calitatea în lume sau în România. Soiul 'Jonathan' este răspândit și apreciat printre cultivatorii și consumatorii români. În plus, a fost utilizat ca formă parentală în numeroase hibridări artificiale, dând naștere la noi soiuri autohtone. Multe soiuri românești din așa-numita eră 'modernă' a ameliorării mărului, inclusiv unele obținute la Cluj-Napoca, precum 'Aromat de vară', 'Ardelean', 'Feleac', 'Ancuța' și 'Roșu de Cluj', au avut soiul 'Jonathan' ca genitor comun. 'Golden Delicious' este, de asemenea, foarte apreciat, care, spre deosebire de 'Jonathan', rămâne un soi de bază în sortimentul cultivat în prezent în România. 'Golden Delicious', la fel ca 'Jonathan', a participat, de asemenea, la hibridări complexe, chiar de mai multe ori ca formă parentală comună a acelorași noi soiuri, cum ar fi 'Precoce de Ardeal', cu o origine complexă, obținut la SCH Cluj-Napoca. Deși 'Precoce de Ardeal' nu are gena de rezistență Vf pentru rapănul mărului (depășită ulterior), împărtășește o linie parțial comună cu soiurile rezultate din încrucișarea lui Crandall de la începutul secolului al XX-lea între *Malus floribunda* 821 și 'Rome Beauty'. Astfel de scheme de selecție demonstrează procesele complexe de ameliorare a mărului și numeroasele generații de hibridare sau retroîncrucișare și selecție succesivă, necesare pentru a crea o nouă varietate. În același timp, reflectă și îngustarea zestre genetice a soiurilor prin utilizarea excesivă și repetată a celor mai bine cotate soiuri la nivel mondial ca genitori. În plus, consangvinizarea care a apărut inevitabil în timpul proceselor de selecție și o intensitate puternică a selecției pentru obiective de ameliorare în general comune (producție, calitatea fructelor, rezistența la factori de stres biotici și abiotici) au impactat și au contribuit la îngustarea fondului genetic al soiurilor actuale și la creșterea vulnerabilității genetice. Multe dintre soiurile românești autohtone au pierdut competiția cu soiurile din sortimentul internațional. Astfel, unele au fost pierdute, în timp ce altele au o prezență foarte limitată în distribuția actuală sau sunt menținute ca surse de germoplasmă. Alte soiuri, care au reprezentat merele copilăriei pentru multe generații din nord-vestul Transilvaniei, s-au dovedit a fi genitori slabi atunci când au fost utilizate în lucrările de ameliorare a

merelor. Merele soiului 'Poinic', odată răspândite în Transilvania, dar aproape dispărute astăzi, se găseau în ghiozdanele multor copii în deceniile trecute. Era renumit pentru fructele sale sferice turtite de culoare verde, cu pulpă densă, tare și compactă, ceea ce îi determina pe copii să le lovească pentru a le înmuia. Pelița rezistentă nu permitea fructului să se spargă, dar în interior, textura pulpei se rupea, iar fructul se umplea cu un suc de un gust și o aromă incredibile. Din păcate, cercetările noastre anterioare au demonstrat că acest soi nu posedă trăsăturile necesare pentru a fi considerat un genitor valoros în programele de ameliorare, transmitând descendenților vigoarea mare și creșterea ramificată a pomilor, susceptibilitatea la boli, în special la rapănul mărului, și alte caracteristici mai puțin dorite, inclusiv calitatea slabă a fructelor. Similar cu 'Poinic', numeroase soiuri vechi sunt subutilizate din cauza calității inferioare a fructelor lor, care deseori nu reușesc să satisfacă standardele crescânde ale consumatorilor și procesatorilor. În plus, aceste soiuri prezintă alte caracteristici biologice inferioare, cum ar fi vulnerabilitatea la agenți patogeni și dăunători, producția inadecvată, alternanța de rodire și habitusul necorespunzător al pomilor pentru livezile intensive. Cu toate acestea, ele constituie un rezervor genetic vital și dinamic. Totuși, datorită aprecierii fructului și nostalgiei unor consumatori, 'Poinic' (precum și alte soiuri vechi) este în prezent propagat în unele pepiniere din Transilvania, dar acest lucru se bazează în general pe comenzi relativ mici destinate grădinilor private și utilizează portaltui franc. Cu toate acestea, atributele calitative ale soiului 'Poinic', alături de alte soiuri tradiționale românești și internaționale clasice de mere, evidențiază adecvarea lor pentru consumul proaspăt, procesarea casnică și gătit. Între timp, soiurile moderne, cu calitatea lor rafinată, îndeplinesc cerințele pieței de fructe, în timp ce cele mai bogate în compuși benefici sunt, de asemenea, ideale pentru procesarea industrială.

Analizele multivariate oferă informații extrem de utile pentru ameliorarea merelor și selecția noilor forme parentale, utile în generarea variabilității necesare pentru crearea de noi soiuri. În plus, abordările de analiză multivariată a datelor pot evalua cu succes calitățile senzoriale și profilurile chimice ale soiurilor de mere. Corelațiile identificate între caracterele de interes pot oferi informații utile pentru ameliorarea și cultivarea merelor. În ameliorarea merelor, corelațiile fenotipice, mai ales dacă sunt completate de corelații genotipice, pot fi utilizate ca indici de selecție. Astfel, se poate aplica o selecție indirectă prin care selecția pentru un caracter poate fi realizată în tandem cu un alt caracter de interes cu care primul este strâns corelat. O procedură similară poate fi utilizată pentru caracterele corelate negativ, când selecția poate fi făcută împotriva unui caracter cu care primul este într-o relație invers proporțională. Analizele PCA și de grupare ierarhică au relevat unele asocieri neașteptate pentru calitatea fructelor între soiuri cu origini istorice și geografice diferite, cu atât mai surprinzătoare cu cât soiurile păreau a fi foarte diferite în ceea ce privește atât aspectul comercial, cât și evaluarea valorii senzoriale sau recunoașterea

(‘Sovari’ cu ‘Jonathan’; ‘Poinic’ cu ‘Green Golden’; ‘Pătul’ cu ‘Golden Delicious’). Reducerea dimensionalității datelor în dendrogramă, care cuprind toate caracteristicile analizate, inclusiv atributele senzoriale și evaluarea organoleptică generală a fructelor, relevă un număr limitat de soiuri care sunt strâns legate prin origine. Dintre soiurile românești tradiționale, ‘Domnesc’ și ‘Crețesc Auriu’ prezintă o relație strânsă într-un cluster pereche. ‘Cox’s Orange Pippin’ este asociat cu ‘Wagener’, în timp ce ‘James Grieve’ este asociat cu ‘Pearmain’, printre soiurile internaționale clasice. Dintre genotipurile moderne, ‘Florina’ și ‘T194’, precum și ‘Elstar’ și ‘Judor’, constituie perechi. În schimb, apar unele legături strânse între soiuri din perioade istorice diferite: ‘Jonathan’ (care pare să dateze din 1826) formează o pereche cu ‘Golden Orange’ (lansat în 1996, bazat pe faimosul ‘Golden Delicious’), iar ‘Kaltherer Böhmer’ (probabil originar din Bolzano, nordul Italiei, înainte de 1810) formează o pereche cu ‘Goldrush’ (New Jersey, SUA, introdus pe piață în 1994).

Analiza dendrogramelor bazate pe toate trăsăturile examinate evidențiază clasificarea în subclustere semnificativ suprapuse ale atributelor morfologice, biochimice și senzoriale ale fructelor, subliniind importanța caracteristicilor pulpei, gustului, aromei și suculenței. Aspectul comercial este asociat semnificativ cu culoarea fructului într-un subcluster distinct. Separarea dendrogramelor pentru culoare și aspect față de calitatea generală oferă perspective esențiale pentru evaluarea calității merelor și pentru ameliorarea acestora: indiferent de atractivitatea estetică a fructelor unui hibrid în timpul procesului de selecție, acesta nu poate atinge statutul de soi decât dacă fructele posedă calități organoleptice excepționale, în special un gust superior. Apropierea unor soiuri aparținând unor zone de origine și perioade istorice diferite, relevată prin analize multivariate bazate pe un număr mare de elemente ce contribuie la calitatea generală a fructelor, poate contrazice variabilitatea evidențiată anterior. Sau, poate, respectiva variabilitate este doar aparentă la nivelul amplitudinilor între genotipuri, deoarece apropierea soiurilor poate reflecta, de fapt, îngustarea fondului genetic al tipurilor cultivate și originea ancestrală comună a multor soiuri de mere, chiar dacă provin din ere istorice și zone geografice diferite ale climatului temperat. Această îngustare genetică este probabil și o consecință a selecției asidue practicate de-a lungul erelor istorice ale merelor pentru mărimea fructelor, calitatea lor gustativă mai bună, conținutul lor biochimic în substanțe utile și valoarea lor nutrițională superioară, toate acestea fiind asociate și cu rezistența sau toleranța la factorii de stres biotici și abiotici ai pomilor.

Numeroase studii evidențiază eroziunea genetică sau vulnerabilitatea genetică datorată îngustării fondului genetic al mărului și faptul că, deși există un număr impresionant de soiuri de mere, originea lor comună constituie un factor de risc în viitor. Numeroasele amenințări la adresa speciilor cultivate sunt cu atât mai acute la măr datorită selecției intense pentru trăsăturile de calitate ale fructelor, inclusiv mărimea fructelor, alogamiei și heterozigoției mărului și propagării vegetative prin

altoire. Livezile moderne, caracterizate prin sisteme de monocultură superintensivă cu diversitate genetică insuficientă și o gamă restrânsă de tipuri, sunt vulnerabile la numeroase riscuri climatice, dăunători și agenți patogeni. Utilizarea speciilor sălbatice în hibridare poate spori diversitatea genetică și reziliența la factorii de stres biotici și abiotici. Metodologia a fost implementată la SCH Cluj, utilizând diverse specii de *Malus*. În plus, selecția fenotipică poate fi integrată cu markeri moleculari în programele de ameliorare. Dezavantajul utilizării speciilor sălbatice constă în reducerea semnificativă a dimensiunii și calității fructelor în descendenții lor. În consecință, procesul de selecție este prelungit în generațiile ulterioare pentru a restabili dimensiunea și calitatea gustului fructelor.

Acest studiu a evidențiat calitatea fructelor multor soiuri cu o istorie bogată și răspândire națională sau mondială. Datorită longevității pomilor și propagării vegetative prin altoire, multe astfel de soiuri vechi de mere rămân în sortiment și sunt încă bine apreciate. În același timp, soiurile tradiționale rămân un fond genetic vital pentru eforturile noi de ameliorare a mărului. Cercetările viitoare ar trebui să integreze abordări moleculare și genetice pentru a îmbunătăți procesele de selecție și a asigura adaptabilitatea la condițiile climatice în schimbare și preferințele consumatorilor. În plus, pentru a aborda limitările acestui studiu, cercetările viitoare ar trebui să exploreze mai multe domenii cheie, inclusiv performanța producției, costurile de cultivare și impactul factorilor ecologici și culturali asupra calității fructelor. De asemenea, investigarea cerințelor pieței, tendințelor de preț, preferințelor consumatorilor pentru soiuri specifice și direcțiilor emergente în industria fructelor este esențială. Înțelegerea acestor aspecte va oferi perspective valoroase asupra tendințelor actuale și viitoare, ajutând la ghidarea dezvoltării de strategii care să se alinieze cu dinamica pieței și așteptările consumatorilor.

Rezultatele obținute în a doua experiență au fost publicate într-o revistă indexată ISI, cu următoarele date de identificare:

Morariu PA, Mureșan AE, Sestraș AF, Tanislav AE, Dan C, Mareș E, Militaru M, Mureșan V, Sestraș RE (2025). A comprehensive morphological, biochemical, and sensory study of traditional and modern apple cultivars. *Horticulturae* 11(3):264. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030264>

Rezultatele obținute în **a treia experiență**, desfășurată pe cinci ani și cinci soiuri de măr, a evidențiat diferențe consistente în răspunsul acestora la stresorii biotici, diferențe determinate atât de fondul genetic, cât și de condițiile de mediu. Rapănul (*V. inaequalis*) a arătat o variabilitate semnificativă între soiuri și locații, infecția corelându-se strâns cu precipitațiile din primăvară și începutul verii. Acest lucru susține constatările anterioare, potrivit cărora durata umezelii foliare și umiditatea relativă sunt esențiale pentru dezvoltarea rapănului. 'Golden Delicious' s-a dovedit a fi cel mai susceptibil soi, în concordanță cu observațiile anterioare, în timp ce 'Florina' a menținut rezistența conferită de gena Rvi6 (fostă Vf), fără simptome detectate în

livezile studiate. Cu toate acestea, infecții izolate au fost raportate în regiuni apropiate, mai ales în livezi slab întreținute. Rezultatele obținute întăresc ideea că utilizarea soiurilor rezistente, precum 'Florina', poate reduce semnificativ necesitatea aplicării fungicidelor, aducând beneficii economice și ecologice. Este important de menționat că răspunsul la infecția cu rapăn poate varia pentru același genotip, în funcție de condițiile de mediu și de management. Soiul 'Pinova' a manifestat o variabilitate considerabilă a susceptibilității între livezi și ani, aspect ce explică clasificările contradictorii din literatura de specialitate. Gestionarea bolilor fungice, în special a rapănului, rămâne unul dintre cele mai costisitoare aspecte ale producției de măr, cu peste 70% din tratamentele fitosanitare dedicate combaterii agenților fungici și mai mult de jumătate vizând rapănul. Costurile ridicate ale tratamentelor și pierderile potențiale de recoltă, care pot depăși 70%, subliniază necesitatea ameliorării unor soiuri noi, care să combine rezistența robustă cu calități comerciale superioare. În ceea ce privește făinarea (*P. leucotricha*), epidemiologia sa a fost diferită, cu vârfuri de infecție în condiții calde și uscate, mai ales în localitățile Boz și Izvoru Ampoiului. Soiurile 'Jonathan' și 'Idared' au manifestat cea mai mare susceptibilitate, în timp ce 'Florina' a dovedit din nou rezistență de câmp excelentă. Corelațiile climatice confirmă faptul că incidența făinării crește semnificativ în anii mai calzi, ceea ce este în concordanță cu proiecțiile privind intensificarea activității patogenilor în contextul schimbărilor climatice. Din perspectiva dăunătorilor, viermele merelor (*C. pomonella*), păduchele lănos (*E. lanigerum*) și afidele (*Aphis spp.*) s-au dovedit a fi cei mai impactanți.

Nivelurile de infestare au fost corelate pozitiv cu temperaturile ridicate, ceea ce susține observațiile conform cărora fenologia dăunătorilor este accelerată în condiții calde. Soiul 'Florina' a manifestat din nou o toleranță ridicată la infestări, posibil datorită unor trăsături morfologice sau biochimice protectoare. Valorile ridicate ale eritabilității (H^2) pentru rapăn, făinare și păduchele lănos întăresc eficiența ameliorării pentru rezistență. În schimb, valorile moderate spre scăzute pentru viermele merelor și putregaiul brun subliniază necesitatea unor strategii flexibile de management, bazate pe evaluări ale riscurilor meteorologice. Dintr-o perspectivă mai largă, studiul aduce contribuții originale prin integrarea monitorizării bolilor și dăunătorilor cu date climatice multivariate și analize de eritabilitate. Această abordare sprijină o mai bună înțelegere a rezilienței soiurilor și susține dezvoltarea unor sisteme pomicole de precizie, mai adaptabile variabilității climatice și mai puțin dependente de inputurile chimice. Performanța constant superioară a soiului 'Florina' subliniază potențialul cultivarelor genetic rezistente pentru îndeplinirea simultană a obiectivelor de productivitate și sustenabilitate ecologică. Prin combinarea observațiilor din teren cu interpretările ecologice și genetice, această lucrare avansează cunoașterea actuală privind performanța adaptativă a genotipurilor de măr

în condiții reale de cultură și oferă o bază solidă pentru deciziile viitoare în ameliorare, proiectarea livezilor și managementul integrat al bolilor și dăunătorilor.

Rezultatele obținute în a treia experiență au fost publicate într-o revistă indexată ISI, cu următoarele date de identificare:

Morariu PA, Sestraș AF, Andrecean AF, Borsai O, Bunea CI, Militaru M, Dan C, Sestraș RE. Apple cultivar responses to fungal diseases and insect pests under variable orchard conditions: a multisite study. *Crops* 2025, 5, 30. <https://doi.org/10.3390/crops5030030>

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Prima experiență oferă informații valoroase despre influența selecției soiurilor și a condițiilor de producție asupra calității merelor, subliniind complexitatea interacțiunilor dintre factorii genetici, de mediu și de management al livezii. Rezultatele confirmă faptul că calitatea merelor nu este determinată doar de caracteristicile genetice, ci este semnificativ modelată de practicile de cultivare și condițiile ecologice. Prin integrarea analizelor morfologice, biochimice și organoleptice, cercetarea subliniază importanța unei abordări holistice în evaluarea calității fructelor. O contribuție majoră a acestui studiu este analiza comparativă a merelor cultivate în sisteme intensive și super-intensive. Rezultatele indică faptul că, deși livezile super-intensive maximizează utilizarea spațiului și îmbunătățesc productivitatea, acestea impun și constrângeri fiziologice asupra pomilor datorită densității mai mari de plantare. Acest compromis se manifestă prin diferențe în vigoarea pomilor, dimensiunea fructelor și compoziția biochimică. În mod notabil, cea mai mare producție de fructe în sistemul intensiv a fost înregistrată pentru soiurile 'Starkrimson' și 'Golden Delicious', în timp ce 'Granny Smith' a avut cea mai mare producție în sistemul super-intensiv. Mai mult, soiul 'Pinova' s-a dovedit a fi cel mai eficient soi din punct de vedere al eficienței randamentului, consolidându-și preabilitatea pentru plantațiile de mare densitate. Aceste rezultate sunt semnificative pentru managementul livezilor, demonstrând că selecția adecvată a soiurilor poate optimiza producția și asigura sustenabilitatea.

Compoziția biochimică a merelor a relevat o variabilitate substanțială între soiuri și condițiile de cultivare. 'Starkrimson' a prezentat cel mai mare conținut de substanță uscată și zaharuri, sugerând o reacție metabolică mai puternică la factorii de mediu. În mod similar, diferențele în conținutul mineral, fermitate și substanțele solubile totale reflectă impactul compoziției solului, fertilizării și irigației.

Studiul confirmă constatări anterioare care arată că sistemele de cultivare influențează calitatea merelor dincolo de atributele vizuale și morfologice, afectând valoarea nutrițională și comercială a fructului. Evaluarea organoleptică a demonstrat că percepția consumatorilor asupra calității merelor este complexă, fiind influențată de

aspect, textură, gust și aromă. 'Pinova' și 'Golden Delicious' au fost cele mai apreciate soiuri, ceea ce se aliniază cu studiile care subliniază importanța dulceței, fermității și echilibrului dintre aciditate și conținutul de zahăr. Variabilitatea observată între diferitele surse de origine confirmă în continuare rolul factorilor ecologici și tehnologici în determinarea preferințelor consumatorilor. Acest lucru subliniază necesitatea unor măsuri consistente de control al calității în producția și comercializarea merelor. Din perspectiva metodologică, studiul subliniază relevanța integrării analizelor cantitative și senzoriale în cercetarea merelor. Cu toate acestea, rezultatele sugerează că un sistem de evaluare mai rafinat, cu criterii de evaluare ponderate, ar îmbunătăți acuratețea evaluărilor calității, în special în programele de ameliorare a merelor. În timp ce scala hedonică 1-9 oferă informații valoroase pentru consumatori, aceasta poate să nu capteze pe deplin complexitatea factorilor care determină calitatea în procesele de selecție a merelor. Per total, studiul contribuie la o înțelegere mai profundă a producției și calității merelor, oferind implicații practice pentru ameliorare, managementul livezilor și optimizarea pieței. Cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe evaluări ale performanței pe termen lung, inclusiv impactul schimbărilor climatice asupra producției de mere. În plus, explorarea markerilor genetici și moleculari ar putea facilita dezvoltarea unor soiuri cu o rezistență îmbunătățită și proprietăți nutriționale sporite. Prin integrarea inovațiilor agronomice cu preferințele consumatorilor, se poate obține o producție de mere sustenabilă, asigurându-se, totodată, fructe de înaltă calitate pentru piață.

A doua experiență oferă o analiză detaliată a 34 de soiuri de măr, incluzând varietăți românești vechi, soiuri internaționale clasice și moderne recunoscute, precum și selecții noi. Rezultatele evidențiază variabilitatea morfologică, biochimică și organoleptică semnificativă dintre aceste soiuri, subliniind importanța diversității genetice în programele de ameliorare a mărului. Din perspectivă morfologică, s-au observat diferențe substanțiale în ceea ce privește dimensiunea, forma și greutatea fructelor. Deși soiurile internaționale clasice au prezentat cele mai mari valori medii pentru aceste trăsături, varietățile autohtone românești au afișat caracteristici distinctive. Cu toate acestea, lipsa diferențelor statistic semnificative între primele trei grupuri majore sugerează că trăsăturile fundamentale se mențin în timp. Analiza biochimică a relevat diferențe semnificative în conținutul de umiditate, substanțe solubile totale, aciditate titrabilă, niveluri de carotenoizi și compoziția minerală. Anumite soiuri vechi românești și internaționale au demonstrat profile biochimice de mare valoare, făcându-le potrivite atât pentru consumul proaspăt, cât și pentru procesare. De exemplu, soiuri precum 'Reinette de Champagne' și 'Baujade' au prezentat un conținut ridicat de carotenoizi, sporindu-le potențialul ca alimente funcționale cu beneficii nutriționale superioare. În plus, variațiile în aciditate și conținutul de substanțe solubile influențează adecvarea diferitelor soiuri pentru cerințele specifice ale pieței și preferințele consumatorilor. Analiza texturii a arătat o

variabilitate notabilă în duritatea pieluței, fermitatea pulpei și rezistența generală, aspecte care afectează reziliența la depozitare și transport. Mai mult, evaluarea organoleptică a evidențiat că soiuri precum ‘Golden Orange’, ‘Jonathan’, ‘Kaltharer Böhmer’ și ‘Golden Delicious’ s-au remarcat în ceea ce privește aroma, textura și atractivitatea pentru consumatori. În concluzie, acest studiu subliniază necesitatea de a conserva și utiliza atât soiurile tradiționale, cât și pe cele moderne de măr pentru a menține o industrie a mărului diversificată și rezilientă. Rezultatele furnizează date esențiale pentru programele de ameliorare, managementul livezilor și strategiile de piață, sprijinind optimizarea calității fructelor și asigurând conservarea resurselor genetice valoroase.

A treia experiență evidențiază interacțiunile complexe dintre factorii genetici, ecologici și de cultură care determină răspunsul mărului la principalele boli și dăunători. Dintre cele cinci soiuri analizate, ‘Florina’ a demonstrat cel mai consistent răspuns atât față de agenții patogeni, cât și față de dăunători, în timp ce ‘Jonathan’ și ‘Golden Delicious’ s-au dovedit, în general, mai susceptibile. Incidența bolilor a fost puternic corelată cu nivelul precipitațiilor, în timp ce infestările cu dăunători au prezentat o dependență semnificativă de temperatură. Analizele multivariate și de regresie au evidențiat modele consistente de co-apariție între anumiți stresori biotici, în special între *E. lanigerum* și *Aphis spp.*, precum și între făinare și rapăn. Coeficienții de ereditabilitate calculați au confirmat că factorii genetici contribuie substanțial la răspunsul față de stresori în majoritatea cazurilor, sugerând că ameliorarea pentru rezistență rămâne un obiectiv viabil și important. Integrarea acestor rezultate subliniază necesitatea unor strategii de management adaptate specificului fiecărei locații, care să ia în considerare atât profilurile de rezistență ale soiurilor, cât și condițiile locale de mediu.

Aceste perspective sunt relevante pentru îmbunătățirea prognozelor privind bolile și dăunătorii, optimizarea programelor de tratamente și selecția soiurilor cu cea mai bună adaptabilitate la scenariile climatice în schimbare.

CONTRIBUȚIILE INOVATIVE ALE TEZEI

Teza aduce contribuții științifice semnificative și originale în domeniul pomiculturii, printr-o abordare complexă, integrată și multidisciplinară a calității merelor, evaluând simultan influențele genetice, ecologice și tehnologice. Un aspect inovativ major constă în analiza comparativă riguroasă a performanței pomilor și a calității fructelor în sisteme de cultură intensiv și super-intensiv. Această abordare a evidențiat compromisurile fiziologice impuse de densitatea ridicată și a pus în lumină

valoarea unor soiuri precum 'Pinova', demonstrând aplicabilitatea practică a selecției soiurilor în funcție de sistemul de cultivare.

Un aport metodologic distinct îl reprezintă propunerea unei scale de evaluare senzorială diferențiate, cu ponderi specifice pentru trăsături precum gustul, aroma și textura, ceea ce asigură o selecție mai riguroasă și fidelă în ameliorarea merelor. Teza demonstrează astfel limitările utilizării exclusive a scalei hedonice clasice și propune o alternativă aplicabilă în etapele avansate ale selecției genotipurilor.

Prin evaluarea extensivă a unei germoplasme diversificate, incluzând 34 de soiuri tradiționale și moderne, teza contribuie la identificarea de forme parentale valoroase, demonstrând importanța conservării soiurilor clasice ('Jonathan', 'Kaltharer Böhmer', 'Golden Delicious') în contextul actualei îngustări genetice. Analizele multivariate (PCA, dendrograme, corelații fenotipice) au permis identificarea unor asocieri neașteptate între soiuri din epoci și regiuni diferite, evidențiind o convergență calitativă și adaptativă, potențial valoroasă în selecția hibrizilor.

Totodată, teza integrează analiza eritabilității trăsăturilor legate de rezistența la boli și dăunători (rapăn, făinare, afide, păduchele lănos), în relație cu variabilitatea climatică, oferind soluții pentru selecția rezilienței genetice în contextul schimbărilor climatice.

Această abordare susține dezvoltarea unor sisteme pomicole de precizie, durabile și adaptate condițiilor viitoare. În ansamblu, teza avansează cunoașterea în domeniul ameliorării mărului, oferind direcții aplicabile pentru selecția, cultivarea și managementul soiurilor în agricultură durabilă.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

(articole publicate *in extenso* ca rezultat al cercetării doctorale)

LISTA DE PUBLICAȚII

Articole publicate *in extenso* ca rezultat al cercetării doctorale

1. Morariu PA, Mureșan AE, Sestraș AF, Dan C, Andrean AF, Borsai O, Militaru M, Mureșan V, Sestraș RE (2025). The impact of cultivar and production conditions on apple quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 53(1):14046. <https://doi.org/10.15835/nbha53114046>
2. Morariu PA, Mureșan AE, Sestraș AF, Tanislav AE, Dan C, Mareș E, Militaru M, Mureșan V, Sestraș RE (2025). A comprehensive morphological, biochemical, and sensory study of traditional and modern apple cultivars. *Horticulturae* 11(3):264. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030264>

3. Morariu PA, Sestraş AF, Andreacan AF, Borsai O, Bunea CI, Militaru M, Dan C, Sestraş RE. Apple cultivar responses to fungal diseases and insect pests under variable orchard conditions: a multisite study. Crops 2025, 5, 30. <https://doi.org/10.3390/crops5030030>

**Alte contribuții publicate *in extenso* apropiate de subiectul cercetării
doctorale**

1. Dan C, Șerban C, Sestraş AF, Militaru M, **Morariu PA**, Sestraş RE (2015). Consumer perception concerning apple fruit quality, depending on cultivars and hedonic scale of evaluation - a case study. Notulae Scientia Biologicae 7(1):140-149. <https://doi.org/10.15835/nsb719553>