

---

TEZA DE DOCTORAT

# Crearea și evaluarea variabilității genetice pentru obținerea unor hibrizi de tomate cu creștere semideterminată și comportare adecvată la condițiile pedoclimatice și tehnologice din România

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

---

Doctorand **Zoltán FELFÖLDI**

---

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

---

CLUJ-NAPOCA, 2022





## INTRODUCERE

Schimbările climatice globale și controlul asupra factorilor abiotici din ultima perioadă reprezintă o provocare majoră pentru fermierii din întreaga lume. Necesitatea de a cultiva tomate de calitate superioară și cu valoare adăugată este esențială. Trecerea de la ameliorarea conservativă la ameliorarea creativă a însemnat un pas major pentru crearea unor hibrizi de generație nouă (LIU și colab., 2021).

La începutul ameliorării moderne, ameliorarea tomatelor a fost în mare măsură axată pe creșterea productivității și a rezistenței plantelor la atacul de boli și dăunători. Aportul adus de creațiile noi a devenit semnificativ odată cu atenția deosebită acordată calităților gustative, senzoriale (aromă, gust, suculență, consistență) și nutritive (licopen, vitamina C,  $\beta$ -caroten, acizi organici, compuși fenolici și compuși volatili) a fructelor. Astfel de fructe sunt tot mai mult recomandate atât pentru consumul curent, cât și pentru procesare în industria agroalimentară (KHAN și colab., 2021; FELFÖLDI și colab., 2021).

Tomatele sunt bogate în compuși fitochimici bioactivi a căror efecte sunt benefice pentru sănătatea umană datorită proprietăților lor antioxidante (captarea radicalilor liberi), antiinflamatoare, anticancerigene și antiaterogene. Prin urmare, noile varietăți de tomate cu un nivel crescut de compuși bioactivi (licopen,  $\beta$ -caroten și conținut de polifenoli) sunt considerate „alimente funcționale” de înaltă calitate, datorită caracteristicilor nutriționale îmbunătățite (CHAUDHARY și colab., 2018; KHAN și colab., 2021).

Pornind de la aceste considerente, în prezentul studiu s-a urmărit analiza și evaluarea complexă a unor genotipuri de tomate în scopul îmbogățirii fondului genetic cu cât mai multe cultivaruri, inclusiv promovând genotipuri tradiționale sau cultivaruri noi de tomate, care să fie cultivate și apreciate pentru calitatea fructelor, componentele fizico-chimice, nutriționale, precum și pentru atributele gustative și senzoriale ale acestora.

Prin cercetările efectuate s-a urmărit analiza variabilității unor caracteristici calitative, nutriționale și organoleptice la genotipuri de tomate reprezentate de hibrizi comerciali creați în străinătate dar bine cotați în țara noastră, precum și hibrizi comerciali noi, obținuți recent în urma lucrărilor de ameliorate desfășurate în țara noastră, la Stațiunea de Cercetare Agrosel (Câmpia Turzii, România).

## IPOTEZA DE LUCRU ȘI SCOPUL CERCETĂRII

Scopul principal al cercetărilor propuse în cadrul doctoranturii a constat în obținerea unor informații utile pentru genetica și ameliorarea tomatelor, precum și

a importanței genotipului și a valorificării potențialului genetic al unor noi hibrizi comerciali, în relație cu factorii de mediu și de cultură, pentru realizarea unor producții ridicate și de foarte bună calitate comercială, alimentară și gustativă.

Cercetările au fost inițiate la genotipuri de tomate cu creștere semideterminată, cultivate în spații protejate, în solarii de tip tunel. Genotipurile au fost reprezentate de doi hibrizi comerciali validați și apreciați în cultura tomatelor din țara noastră, folosiți ca referințe, sau control, pentru doi hibrizi comerciali noi, creați la Agrosel SRL, Turda, România.

Pentru că exigențele consumatorilor și cerințele pieței pentru calitatea fructelor proaspete sunt tot mai mari, un scop important urmărit în cadrul cercetărilor a fost identificarea genotipurilor cu fructe de foarte bună calitate, cu aspect comercial atrăgător, valoare nutritivă și conținut ridicat în compuși chimici utili organismului uman, precum și cu o foarte bună calitate gustativă și o savoare pe placul majorității consumatorilor.

## **OBIECTIVELE PROPUSE**

Pentru realizarea scopului propus, au fost concepute trei experiențe distincte, în cadrul cărora principalele obiective urmărite au fost următoarele:

- Analiza variabilității unor caracteristici de mare interes agronomic la tomate, referitoare la creșterea plantelor, productivitatea și calitatea fructelor la noi hibrizi comerciali de tomate creați în România (la Agrosel), comparați cu liniile lor parentale și cu hibrizi comerciali din sortimentul internațional.

- Determinarea principalelor particularități morfo-fiziologice la tomate care contribuie la capacitatea productivă și la calitatea fructelor. Valoarea nutrițională sau alimentară a fructelor și conținutul acestora în elemente chimice utile și de interes pentru asigurarea sănătății consumatorilor.

- Evaluarea potențialului liniilor parentale din generația F7 utilizate în hibridări artificiale în scopul manifestării la hibridii F1 a vigorii hibride (heterozis). Determinarea parametrilor genetici de interes (ex. heterozis absolut și relativ, heterobeltiozis) pentru compușii chimici utili din tomate care contribuie la calitatea organoleptică și valoarea gustativă a fructelor.

- Aplicarea unor teste organoleptice și evaluarea calității fructelor cu ajutorul unor descriptori senzoriali, corelații și analiză multivariată. Identificarea preferințelor consumatorilor în funcție de vârstă, sex etc. și emiterea unor previziuni privind noile lucrări de ameliorare și direcționarea lor pentru satisfacerea cerințelor pieței și consumatorilor în viitor, în funcție de evoluția acestora.

- Analiza posibilităților de sporire a producției de tomate și a calității fructelor prin utilizarea micorizării, respectiv AMF (Arbuscular Mycorrhizal

Fungi), în funcție de răspunsul genotipului la inocularea cu AMF.

## STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat intitulată **“Crearea și evaluarea variabilității genetice pentru obținerea unor hibrizi de tomate cu creștere semideterminată și comportare adecvată la condițiile pedoclimatice și tehnologice din România”** cuprinde 52 de figuri, 19 tabele și este structurată conform normelor de tehnoredactare în două părți: **Partea I – Stadiul actual al cunoașterii și Partea a II-a – Contribuția personală.**

**Partea I** a tezei, cuprinde două capitole care prezintă informații despre studiul actual al cercetării privind morfologia tomatelor, respectiv evoluția privind genetica și ameliorarea tomatelor.

**Capitolul I** este intitulat “Stadiul actual al cercetărilor privind ameliorarea tomatelor” și cuprinde 5 subcapitole.

**Capitolul II** este intitulat “Evoluția privind genetica și ameliorarea tomatelor” și cuprinde 4 subcapitole, respectiv 8 sub subcapitole.

**Partea a II-a** cuprinde 4 capitole și reprezintă contribuția personală. Aceste capitole cuprind ipoteza de lucru și obiectivele cercetării, materialul și metodele utilizate, rezultatele obținute, concluziile generale, recomandările desprinse în urma cercetării și elemente de originalitate ale tezei.

**Capitolul al III-lea** este intitulat “Scopul și obiectivele cercetărilor” și prezintă motivația lucrării și obiectivele urmate pentru îndeplinirea scopului acestei teze.

**Capitolul IV** este intitulat “Amplasarea experiențelor, materialul biologic și metodele de cercetare” și este structurat și sistematizat în 10 subcapitole.

**Capitolul V** este intitulat “Rezultate și discuții” și cuprinde discuțiile și rezultatele obținute în urma cercetărilor. Acest capitol este structurat la rândul său în trei subcapitole, în care sunt prezentate cele trei articole ISI.

**Capitolul VI** este intitulat “Concluzii generale și recomandări” și cuprinde sintetizat concluziile aferente studiilor efectuate și recomandările, care au îmbunătățit cercetarea fundamentală.

**Capitolul VII** cuprinde originalitatea și contribuția inovativă a tezei.

## REZULTATELE CERCETĂRII

### Rezultate obținute în Experiența I

Rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul primei experiențe (I), publicate în articolul intitulat *“Physico-Chemical, Nutritional, and Sensory Evaluation of Two New Commercial Tomato Hybrids and Their Parental Lines”* în revista **Plants [ISI,**

**IF=4.658, Q1** in Plant Sciences], au relevat existența unor diferențe semnificative între genotipurile testate pentru elementele fizico-chimice, nutriționale și senzoriale ale fructelor.

Amplitudinea variației pentru conținutul în glucoză al fructelor la opt genotipuri a variat între 5,75 mg/g (AS 300 F1) și 12,52 mg/g (AS 10 ♂ (F7)). Limita inferioară a fost înregistrată la hibridul comercial nou creat la Agrosel AS 300 F1, cu valori mai mici comparativ cu hibridii control Precos F1 și Addalyn F1, cât și cu liniile parentale proprii. În schimb, la celălalt hibrid comercial nou creat (AS 400 F1), conținutul de glucoză a fost aproape dublu (11,37 mg/g). Diferențe semnificative între cele opt genotipuri s-au înregistrat și pentru conținutul fructelor în acid malic și acid citric. Acidul malic a avut limite cuprinse între 0,61 mg/g (Precos F1) și 1,73 mg/g (Addalyn F1), iar acidul citric a oscilat între 1,73 mg/g și 3,39 mg/g (FELFÖLDI și colab., 2021).

Componenții fenolici totali, ca sumă a tuturor compușilor fenolici individuali, au fluctuat puternic în cadrul celor opt genotipuri, cu limite între 38,4 și 96,3 μg/g (la liniile parentale AS 30 ♀ (F7) și AS 09 ♀ (F7)). Noul hibrid comercial AS 300 F1 a avut un conținut total de compuși fenolici apropiat de hibridii control Precos F1 și Addalyn F1, dar mai mic decât la hibridul nou creat AS 400 F1. Calcularea coeficienților de corelație fenotipică a permis identificarea unor corelații pozitive foarte semnificative ( $p < 0,001$ ) între carbohidrați (totali, glucoză, fructoză), și separat, între acizii organici (total, malic, citric), iar carbohidrații au fost strâns corelați cu acizii organici. Rezultatele heterozisului calculat (absolut, relativ și heterobeltiozis), au ilustrat complexitatea și dificultatea ameliorării tomatelor (LIU și colab., 2021), întrucât heterozisul negativ la noii hibridi comerciali a avut cea mai mare pondere. Dintre toate valorile heterozisului, calculate pe baza a 17 elemente chimice analizate și a celor patru linii parentale, în trei tipuri de heterozis au predominat valorile negative. Conținutul fructelor în glucoză, acid citric și acid malic + citric a manifestat doar valori negative ale heterozisului, în toate combinațiile de linii parentale. Relațiile dintre parametrii analizați prin analiza de corespondență (CA), analiza componentelor principale (PCA) și gruparea ierarhică în perechi (UPGMA) și indicele de similaritate (euclidian) au confirmat că hibridii utilizați ca martor au fost foarte bine aleși pentru testarea noilor hibridi comercial: Addalyn F1 pentru AS 400 F1, iar Precos F1 pentru AS 300 F1.

## **Rezultate obținute în Experiența II**

Rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul Experienței II, publicate în articolul intitulat "**Analysis of Physico-Chemical and Organoleptic Fruit Parameters Relevant for Tomato Quality**", în revista *Agronomy* [ISI, IF=3.949, Q1 in Plant Sciences], au relevat în mod deosebit modul în care elementele de calitate a fructelor contribuie la valoarea de ansamblu a tomatelor și la valoarea lor gustativă sau la savoarea finală a tomatelor.

În acest studiu, efectuat la patru genotipuri de tomate, cei doi hibrizi comerciali F1 recent creați la Agrosel, România (AS 300 și AS 400) și cei doi hibrizi comerciali F1 utilizați ca variante control, Precos (Geosem, Bulgaria) și Addalyn (Hazera Seeds, Franța), analiza proprietăților fizico-morfologice, chimice și organoleptice ale fructelor a furnizat informații relevante și originale privind relațiile dintre parametrii morfologici, chimici și senzoriali care influențează calitatea finală a tomatelor. Analizele efectuate au integrat elementele de calitate a fructelor cu cele care contribuie la capacitatea productivă a cultivarurilor (ex. numărul de fructe pe plantă, greutatea fructelor, producția pe plantă etc.). Producția de fructe a fost extrem de diferită în cadrul celor patru genotipuri, cel mai productiv hibrid fiind AS 400, urmat de Addalyn și AS 300 (FELFÖLDI și colab., 2022 a).

Valori semnificativ diferite între hibridii comerciali s-au înregistrat și pentru următoarele componente chimice din fructe: substanța uscată a variat de la 3,77% (AS 300) la 6,88% (AS 400); aciditatea totală (exprimată în mg NaOH 100 g-1 FW) a oscilat între 100,11 și 184,87, extreme identificate la cei doi hibrizi control; conținutul de acid ascorbic a variat între 20,65 și 28,03 mg 100 g-1 FW, cea mai mare valoare fiind înregistrată la hibridul AS 300, urmat îndeaproape de Precos și AS 400; licopenul a variat între 7,4 și 15,4 mg 100 g-1 FW; carotenoizii între 8,91 și 16,64 mg 100 g-1 FW;  $\beta$ -carotenul între 1,10 și 1,74 mg 100 g-1 FW (cea mai mică valoare a fost înregistrată la AS 300, iar cea mai mare la Precos).

Rezultatele testului de ierarhizare organoleptică a fructelor, folosind scala hedonică (note 1-9), bazată pe 12 descriptori senzoriali încadrați în patru atribute distincte (după VINDRAS și colab., 2018), au reliefat deosebiri calitative între hibrizi. Prin rezultatele analizelor multivariate, informațiile obținute au oferit o vizualizare deosebit de interesantă a relațiilor dintre diferite atribute care contribuie la calitatea gustativă și organoleptică a tomatelor. Analiza componentelor principale (PCA), gruparea ierarhică în perechi UPGMA, și dendrograma au evidențiat relația ierarhică dintre genotipuri, confirmând apropierea dintre cei doi hibrizi comerciali creați în România (chiar dacă AS 300 și AS 400 nu au o origine genetică comună sau un grad foarte puternic de înrudire) și, totodată, distanțarea lor față de Addalyn și îndeosebi față de Precos (FELFÖLDI și colab., 2021 a).

### **Rezultate obținute în Experiența III**

Rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul Experienței III, publicate în articolul intitulat “**Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Fertilization Influence Yield, Growth and Root Colonization of Different Tomato Genotype**”, în revista Plants [ISI, IF=4.658, Q1 in Plant Sciences], au adus contribuții importante privind posibilitățile de utilizare a ciupercilor micoritice la tomate în funcție de genotip, crescând producția de fructe și contribuind la asigurarea unui mediu de cultură cu valențe ecologice și economice superioare.

Experiența realizată într-un design polifactorial cu 12 genotipuri de tomate și trei tratamente diferite (T1, control, fără fertilizare și colonizare cu micorize; T2, cu fertilizare, NPK și microelemente, fără colonizare cu micorize; T3, rădăcinile răsadurilor inoculate cu ciuperci micoritice arbusculare - AMF), în blocuri complet randomizate cu trei repetiții, a permis obținerea unor rezultate originale, cu valoare științifică și aplicativă.

Un prim rezultat de mare importanță și utilitate practică în cultura tomatelor prin folosirea AMF s-a obținut prin analiza probelor de sol și a diferitelor elemente chimice din compoziția solului înainte de plantarea răsadurilor și după finalizarea culturii, după ultima recoltă de fructe și extragerea plantelor din sol. Analizându-se modificările care au avut loc în sol în cele trei tratamente, și diferențele între valorile celor 27 de elemente din sol la sfârșitul culturii, față de cele de la începutul culturii, testul t-pereche a reliefat valori superioare, semnificativ pozitive ( $\alpha < 0.05$ ), pentru conținutul în fosfor, în varianta tratată cu AMF (FELFÖLDI și colab., 2022 b).

Cei doi factori experimentali (genotipul și tratamentul) și interacțiunea lor au influențat semnificativ principalele caracteristici ale plantelor și fructelor. Rezultatele pentru acumularea de biomasă, reprezentată de lungimea rădăcinilor, înălțimea plantelor și numărul de frunze pe plante, au indicat diferențe semnificative atât între genotipuri și tratamente cât și între combinațiile genotip  $\times$  tratament. Efectul unilateral al tratamentelor a influențat semnificativ elementele biomasei vegetale.

Variația frecvenței de colonizare a permis separarea genotipurilor în patru clase: cu potențial mare de acceptare nativă; cu nivel mare de acceptare a inoculului; cu rată de acceptare crescută de îngrășămintे; cu o rată scăzută de acceptare a inoculului. Analiza multivariată a distribuit liniile parentale ale noilor hibridi comerciali obținuți la Agrosel, România, strâns grupate în perechi, confirmând că fenotipul reprezentat de cei 19 parametri analizați reflectă cu acuratețe genotipul acestora. Gruparea în perechi distincte a aceleași linii aflate în generația F6 și F7 a reflectat gradul lor ridicat de homozigotie și uniformitate fenotipică, rezultat în urma procesului de selecție. Din contră, efectul heterozis datorat heterozigozității pronunțate a hibridilor comerciali F1 a fost foarte bine reflectat de PCA, în special la hibridul F1 AS300 (FELFÖLDI și colab., 2022 b).

## CONCLUZII

Analizele chimice au indicat valori semnificativ diferite între genotipuri, în funcție de particularitățile cultivarurilor testate și de diferențele genetice dintre ele. Aceste diferențe s-au manifestat atât între noii hibridi comerciali și cei de referință (control), cât și între liniile parentale și hibridii comerciali ameliorați.

Analiza parametrilor fizico-chimici și organoleptici au indicat faptul că genotipurilor analizate au dovedit că ameliorarea modernă a tomatelor față de aspectul



comercial, față de proprietățile bioactive, precum și față de parametrii organoleptici este într-o direcție bună. Hibridi comerciali ameliorați au prezentat caracteristici de interes agronomic mult mai ridicat decât hibridii folosiți ca și martori, în schimb calitatea și analizele senzoriale sunt la un nivel de egalitate.

Folosirea ciupercilor benefice fără administrarea fertilizanților, poate avea un efect benefic și important asupra calității și a randamentului la tomate.

## **ORIGINALITATE, CONTRIBUȚII INOVATIVE ȘI RECOMANDĂRI**

Rezultatele obținute au confirmat cercetări anterioare efectuate la tomate, conform cărora calitatea generală a fructelor este influențată de numeroase elemente de calitate, dar au furnizat informații noi, originale, privind contribuția diferită a acestora și interacțiunea lor în determinarea calității gustative și orientarea noilor lucrări de ameliorare pentru obținerea unor cultivaruri cu înaltă calitate senzorială.

În urma evaluărilor senzoriale, s-a demonstrat că pentru consumatori este important atât aspectul general, comercial al fructului, cât și elemente specifice, precum culoarea roșiilor proaspete, textura pulpei, suculența, gustul și aroma etc. În studiul nostru, bazat pe proximitatea și distanța față de origine, o analiză a corespondenței a oferit o imagine relevantă a relațiilor dintre atributele fizico-morfologice și chimice, precum și a descriptorilor utilizați în evaluările organoleptice ale calității tomatelor.

Cercetările au evidențiat importanța analizelor calitative la tomate pentru consumatori, utilizatori, procesatori, dar și pentru producătorii și cultivatorii de tomate. Prin urmare, succesul programelor de ameliorare a tomatelor este strâns legat de cunoașterea adecvată a pieței și a cerințelor consumatorilor, dar și a utilizatorilor, procesatorilor, precum și a preferințelor și nevoilor cultivatorilor.

Noii hibridi comerciali creați la Agrosel, România, posedă caracteristici de interes agronomic la un nivel superior celor utilizați ca referință (control), iar calitățile comerciale și senzoriale nu sunt inferioare acestora. S-a subliniat importanța componentelor analizate ('descriptori' sau 'tribute', conform VINDRAS și colab., 2018) și contribuțiile acestora la calitatea tomatelor, relațiile dintre acestea, precum și posibila utilizare a unor astfel de informații în vederea obținerii de noi cultivaruri cu calitate superioară și valoare adăugată. Rezultatele pot fi de interes în ameliorarea prospectivă, pentru anticiparea cerințelor pentru fructe proaspete și direcțiile în acest sens ale pieței și ale consumatorilor.

Rezultatele privind răspunsul plantelor de tomate în funcție de genotip la tratamentul cu ciuperci micoritice (AMF) au furnizat date originale și au demonstrat că succesul culturii tomatelor prin folosirea ciupercilor micoritice arbusculare este semnificativ influențat de zestrea ereditară a cultivarurilor și de reacția fiecărui genotip la inocularea AMF. Tratamentele cu AMF au influențat capacitatea de acumulare de

biomasă a plantelor, precum și diferite elemente ale capacității de producție și calitate a fructelor, dar cu diferențe evidente în funcție de genotip.

Cercetările au relevat o îmbunătățire a calității fructelor de tomate și o creștere a producției în urma aplicării ciupercilor micoritice arbusculare (AMF), care sunt benefice pentru biodiversitate și ecosistem. Având în vedere cerințele tot mai mari ale consumatorilor pentru produse sănătoase, precum și politicile actuale care vizează sistemele de agricultură ecologică, utilizarea acestor microorganisme benefice poate reprezenta un mijloc eficient și prietenos cu mediul, prin care se poate reduce aplicarea îngrășămintelor chimice. Îmbunătățirea rezultatelor de producție, calitate a producției, eficiență economică și ecologică etc. în cultura tomatelor poate fi realizată și prin utilizarea unor genotipuri care să valorifice la nivel superior noi tehnologii de cultură, inclusiv utilizarea AMF.

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. CHAUDHARY, P., SHARMA, A., SINGH, B., NAGPAL, A.K., 2018. Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *J. Food Sci. Technol.* 55, 2833–2849.
2. FELFÖLDI, Z., RANGA, F., SOCACI, S.A., FARCAS, A., PLAZAS, M., SESTRAS, A.F., VODNAR, D.C., PROHENS, J., SESTRAS, R.E., 2021. Physico-Chemical, Nutritional, and Sensory Evaluation of Two New Commercial Tomato Hybrids and Their Parental Lines. *Plants*, 10, 2480.
3. FELFÖLDI, Z., RANGA, F., ROMAN, I.A., SESTRAS, A.F., VODNAR, D.C., PROHENS, J., SESTRAS, R.E., 2022 a. Analysis of Physico-Chemical and Organoleptic Fruit Parameters Relevant for Tomato Quality. *Agronomy*, 12(5), 1232; <https://doi.org/10.3390/agronomy12051232>
4. FELFÖLDI, Z., VIDICAN, R., STOIAN, V., ROMAN, I.A., SESTRAS, A.F., RUSU, T., SESTRAS, R.E., 2022 b. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Fertilization Influence Yield, Growth and Root Colonization of Different Tomato Genotypes. *Plants*, 11(13), 1743; <https://doi.org/10.3390/plants11131743>.
5. KHAN, U.M., SEVINDIK, M., ZARRABI, A., NAMI, M., OZDEMIR, B., KAPLAN, D.N., SELAMOGLU, Z., HASAN, M., KUMAR, M., ALSHEHRI, M.M., 2021. Lycopene: Food Sources, Biological Activities, and Human Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021 2713511, doi:10.1155/2021/2713511.
6. LIU, Z., JIANG, J., REN, A., XU, X., ZHANG, H., ZHAO, T., JIANG, X., SUN, Y., LI, J., YANG, H., 2021. Heterosis and Combining Ability Analysis of Fruit Yield, Early Maturity, and Quality in Tomato. *Agronomy*, 11(4), 807. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040807>.
7. VINDRAS, C., SINIOR, N., COULOMBEL, A., TAUPIER-LETAGE, B., REY, F., 2018, ITAB. Tasting guide: Tools to integrate organoleptic quality criteria into breeding programs, Technical booklet. Diversifood Project. ed.; Institut de l'Agriculture et de l'Alimentation Biologiques.