
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Studii privind reacțiile fiziologice la condițiile de stres hidric și termic ale cartofului – *Solanum tuberosum* L.

Doctorand **Ing. Drăghici Nicolae-Tiberiu**

Conducător de doctorat **Prof. univ. dr. Camelia Sava**



INTRODUCERE

Agricultura contemporană se confruntă cu multiple provocări legate de intensificarea fenomenelor climatice extreme, care influențează negativ randamentul și calitatea culturilor agricole (Popescu et al., 2023). Cartoful (*Solanum tuberosum* L.), una dintre cele mai importante culturi alimentare din România și la nivel global, prezintă o sensibilitate deosebită la stresul hidric și termic, factori care devin din ce în ce mai frecvenți și mai severi în contextul schimbărilor climatice (Bărăscu et al., 2014).

În aceste condiții, prezenta teză aduce în prim plan reacțiile mecanismelor fiziologice și biochimice prin care cartoful reacționează și se adaptează la condițiile pedoclimatice restrictive. Aceste reacții sunt investigate printr-o abordare comparativă între patru soiuri de cartof cultivate în două localități cu condiții pedoclimatice distincte. Prin monitorizarea parametrilor morfologici, fiziologici și biochimici, atât în câmp, cât și în condiții controlate, lucrarea contribuie la identificarea reacțiilor fiziologice majore în urma stresului termic și hidric și a genotipurilor cu toleranță crescută la stres, oferind un fundament științific pentru recomandări practice în ameliorare, tehnologia de cultură și adaptarea sistemelor agricole la noile realități climatice.

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat cuprinde un total de 149 pagini și a fost structurată în două părți:

Stadiul actual al cunoașterii – patru capitole, 31 pagini (30,4%);

Contribuția personală – șase capitole, 71 pagini (69,6%).

În cadrul cercetării s-au urmărit și analizat 198 de referințe bibliografice din domeniu, pentru a raporta rezultatele obținute într-o manieră cât mai realistă și pentru a sublinia caracterul original, precum și potențialul inovator al tezei de doctorat. Lucrarea conține un număr de 29 de tabele, din care 11 originale și 77 de figuri din care 42 sunt originale și 29 sunt reprezentate de grafice. Din totalul figurilor și tabelor, 31 sunt asigurate din punct de vedere statistic (21 figuri și 10 tabele).

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

Scopul general al lucrării este de a analiza reacțiile fiziologice, morfologice și biochimice ale unor soiuri de cartof cultivate în România în condiții de stres hidric și termic, atât în câmp, cât și în spații controlate, pentru a evidenția capacitatea de adaptare cu o reacție cât mai mică la stresul abiotic.

Pentru atingerea acestui scop, cercetarea a fost structurată în jurul următoarelor obiective:

Obiectivul 1 - Caracterizarea detaliată a condițiilor pedoclimatice din cele două locații experimentale (Mândra și Rusciori), în anii agricoli 2023 și 2024, pentru conturarea contextului de stres abiotic;

Obiectivul 2 - Evaluarea trăsăturilor biometrice ale tufei și ale tuberculilor la cele patru soiuri de cartof luate în studiu ('*Alouette*', '*Paradiso*', '*Productiv*' și '*Salad Blue*');

Obiectivul 3 - Determinarea acumulării de antociani și glicoalcaloizi în tuberculi, ca indicatori biochimici ai stresului și ca potențiali markeri de adaptare sau vulnerabilitate;

Obiectivul 4 - Evaluarea biomasei, a conținutului de apă și a rădăcinii în condiții de stres hidric controlat;

Obiectivul 5 - Corelarea rezultatelor biometrice, biochimice și fiziologice cu datele climatice pentru a identifica relații relevante între stresul abiotic și comportamentul genotipurilor testate;

CONTRIBUȚII PERSONALE

Prima etapă a cercetării a constat în caracterizarea detaliată a condițiilor pedoclimatice din cele două localități, Mândra (județul Brașov) și Rusciori (județul Sibiu), în care au fost amplasate câmpurile experimentale. Această etapă a avut ca scop conturarea unui cadru pedoclimatic realist în vederea înțelegerii modului în care stresul hidric și termic influențează reacțiile fiziologice ale plantelor de cartof.

În cele două locații au fost efectuate analize de sol și au fost colectate date climatice pe parcursul a două sezoane agricole, 2023 și 2024. În acest sens, s-au efectuat prelevări de sol din fiecare parcelă experimentală, urmate de determinări agrochimice și pedologice. Aceste probe au fost analizate în conformitate cu standardele naționale și cu metodologia din literatura de specialitate, în cadrul laboratoarelor de specialitate ale Facultății de Științe Agricole Industrie Alimentară și Protecția Mediului din Sibiu și Oficiul de Studii Pedologice și Agrochimice din Sibiu.

În paralel, datele climatice au fost înregistrate zilnic cu ajutorul unei stații meteorologice automate (*Vantage Pro2* - Davis Instruments) în Rusciori și cu ajutorul unui pluviometru manual și site-ului de prognoză meteo *metoeblue* în Mândra. Parametrii urmăriți au inclus temperaturile maxime și minime, precipitațiile totale și distribuția acestora pe fenofaze de vegetație. Datele au fost centralizate și procesate pentru a evidenția frecvența depășirii pragurilor critice de stres termic (peste 25 °C) și nivelurile de precipitații sub pragul optim de 500 mm, corespunzătoare culturii cartofului.

Această etapă a fundamentat întregul demers experimental ulterior și a permis identificarea unor relații între factorii edafici și climatici și manifestarea stresului abiotic asupra soiurilor testate.

În cea de-a doua etapă a cercetării, atenția a fost concentrată pe desfășurarea de observații sistematice în câmp, cu scopul de a surprinde și caracteriza comportamentul celor patru soiuri de cartof studiate. Activitățile s-au desfășurat în cele două locații menționate anterior, oferind un cadru reprezentativ pentru analiza reacțiilor plantelor în fața stresului abiotic.

În cadrul fiecărui câmp experimental, a fost implementat un design de tip bloc randomizat, adaptat specificului local, respectând o agrotehnică uniformă. Plantarea s-a realizat manual, respectând distanțele de cultivare recomandate de furnizorii materialului de plantat, iar pe parcursul perioadei de vegetație au fost aplicate tratamente fitosanitare împotriva principalelor boli și dăunători, fără utilizarea îngrășămintelor chimice sau a irigației.

Pe întreaga durată a sezoanelor de vegetație, s-au realizat observații biometrice regulate asupra tufei și asupra tuberculilor, incluzând măsurători detaliate precum înălțimea plantelor, numărul de tulpini, dezvoltarea foliajului și caracteristicile tuberculilor, precum lungimi, circumferințe și mase. După fiecare recoltare s-au colectat probe de material vegetal pentru analizele biochimice ulterioare.

În paralel cu observațiile din câmp, o parte a cercetării a fost extinsă în condiții de mediu controlat, desfășurată în spațiul protejat al laboratorului de specialitate din cadrul Fermei Didactice Rusciori. Soiurile '*Productiv*' și '*Salad Blue*' au fost supuse unor tratamente diferențiate de umiditate a solului, pentru a simula condiții de stres hidric. Acest experiment a fost posibil datorită dezvoltării și instalării unui sistem de automatizare bazat pe senzori și module, controlate cu ajutorul microcontrolerelor. Sistemul a fost configurat pentru a monitoriza și regla nivelul de umiditate din sol, prin comanda automată a irigației, oferind astfel un cadru experimental precis și replicabil pentru testarea reacțiilor fiziologice ale plantelor, în plus au fost monitorizate și controlate lumina, temperatura și umiditatea relativă a aerului.

În cea de-a treia etapă a cercetării, accentul s-a mutat asupra prelucrării și analizei detaliate a probelor vegetale și tuberculilor colectați în timpul experimentelor. Această etapă a presupus o abordare complexă, multidisciplinară, vizând investigarea aprofundată a răspunsurilor fiziologice și biochimice ale soiurilor studiate în funcție de condițiile de mediu și tratamentele aplicate.

Astfel, după finalizarea experimentelor din mediu controlat au fost realizate determinări cantitative privind biomasa totală și conținutul de apă al frunzelor și tulpinilor, utilizând proceduri standardizate, menționate în literatura de specialitate, adaptate la condițiile concrete ale experimentului.

Pentru experimentele desfășurate *in situ*, tuberculii recoltați au fost supuși unor analize biochimice avansate în cadrul laboratoarelor de la Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca, menite să identifice și să cuantifice nivelul de compuși bioactivi din tuberculi cu importanță nutrițională și toxicologică, precum antocianii și glicoalcaloizii, prin metode cromatografice de înaltă precizie (HPLC).

cu detecție UV-Vis și MS), precum și compararea profilurilor obținute cu standarde certificate și date din literatura de specialitate.

Ultima etapă în cadrul cercetării a fost reprezentată de investigațiile morfologice detaliate realizate asupra rădăcinilor plantelor cultivate în condiții de mediu controlat, prin utilizarea microscopiei electronice de scanare (SEM) în colaborare cu colegi din cadrul Facultății de Inginerie din Sibiu. Această abordare a oferit o perspectivă microstructurală asupra efectelor stresului hidric, permițând observarea modificărilor fine ale țesuturilor radiculare.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Cercetările au evidențiat diferențe semnificative între soiurile studiate și între locațiile experimentale, Mândra și Rusciori, sub influența condițiilor pedoclimatice. Aceste diferențe s-au manifestat atât la nivelul **tufei**, cât și la nivelul **tuberculilor**, parametrii biometrici fiind direct corelați cu capacitatea de adaptare a fiecărui genotip.

Dintre cele patru soiuri, '*Alouette*' a demonstrat cea mai bună dezvoltare vegetativă, cu o înălțime medie a tulpinii de 51,74 cm și un indice SPAD de 38,05, reflectând o stare fiziologică favorabilă. Această dezvoltare robustă a fost însoțită și de o producție totală de tuberculi bună cu o cantitate medie de aproximativ 475 de grame pe cuib, care din punct de vedere statistic este a doua medie pe cuib dintre cele 4 soiuri. Aceste aspecte indică o reacție foarte bună la condițiile de stres hidric și termic din timpul experimentelor, cu o eficiență bună în convertirea biomasei aeriene în rezervă subterană. În final acest soi a avut cea mai echilibrată dezvoltare între masa foliară și tuberculi, comparativ cu restul soiurilor.

Pe de altă parte, soiul '*Salad Blue*' a prezentat cele mai reduse valori pentru înălțimea tulpinilor cu o medie de 31,54 cm și indice SPAD de 31,06, iar această limitare vegetativă s-a reflectat și în randamentul cel mai scăzut al tuberculilor, cu o masă totală medie a cuibului de aproximativ 170 de grame, considerabil mai mică decât în cazul celorlalte soiuri. În plus, '*Salad Blue*' a avut cea mai mică medie a tuberculilor de consum (sub 2 tuberculi de consum/cuib), ceea ce îl face mai vulnerabil în condiții de stres și mai dependent de medii controlate sau optime.

Soiul '*Paradiso*' a fost clasat pe locul trei din patru în ceea ce privește înălțimea plantei, cu o medie de 40,4 cm, însă din punct de vedere al producției de tuberculi a excelat, obținând cea mai mare masă/cuib și cei mai mari tuberculi cu o medie de aproape 150 g/tubercul. Aceste aspecte sugerează o adaptare eficientă la mediul de creștere, favorizând acumularea de substanțe de rezervă în tubercul, în detrimentul dezvoltării foliare.

'*Productiv*' s-a remarcat prin cea mai mare producție de tuberculi de dimensiuni mici, cu o medie de aproximativ 13 tuberculi/cuib, față de '*Paradiso*' cu 5 tuberculi/cuib sau '*Alouette*' cu 9 tuberculi/cuib.

Corelând aceste rezultate cu condițiile pedoclimatice și agrochimice din locațiile experimentale Mândra și Rusciori au fost evidențiate **strategii fiziologice** distincte de adaptare la stresul termic și hidric. Anii agricoli 2023–2024 au fost marcați de temperaturi peste pragul optim pentru cartof și precipitații sub valorile recomandate, afectând procesul de dezvoltare vegetală și tuberizare.

'*Alouette*' s-a remarcat printr-un aparat foliar bine dezvoltat și un indice SPAD ridicat, sugerând o eficiență crescută în utilizarea azotului și un potențial fotosintetic ridicat. Randamentele ridicate din Mândra confirmă această eficiență în condiții climatice nefavorabile, iar rezultatele mai puțin bune din Rusciori se datorează probabil unor teorii precum reducerea activității enzimei Rubisco și acumulare de ABA unde exista aceleași influențe ale stresului hidric și termic, dar accentuate de fertilitatea scăzută a solului (Handayani & Watanabe, 2020).

'*Paradiso*' a demonstrat o strategie de alocare preferențială a resurselor către tuberculi, reacție care se poate asocia cu teoria transportorilor de tip StSUT2, favorizând transportul zharurilor din partea aeriană a plantei, în partea subterană (Gong et al., 2023) și o corelare eficientă între elementele nutritive (P și K) și metabolismul energetic. Chiar și în condiții de stres, a menținut o masă individuală mare a tuberculilor, sugerând o reglare hormonală stabilă.

'*Productiv*' a prezentat o strategie de conservare bazată pe formarea unui număr mare de tuberculi, susținută din punct de vedere teoretic de un echilibru între auxine și citochinine, cu o distribuția uniformă a carbohidraților în tuberculi și nivelurile ridicate ale indexului SPAD indică o adaptare eficientă în ambele locații, cu o oarecare toleranță la stres și un potențial productiv într-un mediu mai favorabil.

'*Salad Blue*', în schimb, a manifestat performanțe slabe, cu o dezvoltare vegetativă limitată și un randament scăzut, datorate, teoretic, unei reglări hormonale deficiente, caracterizate de acumularea excesivă de ABA și o capacitate slabă de a produce osmoprotectori (Guillemette et al., 2024).

În ansamblu, rezultatele sugerează că adaptabilitatea soiurilor de cartof este determinată nu doar de fondul genetic, ci și de capacitatea plantelor de a activa mecanisme fiziologice eficiente în funcție de stresul pedoclimatic. Fiecare soi a urmat o strategie adaptativă proprie: '*Alouette*' a valorificat biomasa aeriană, '*Paradiso*' a prioritarizat calitatea tuberculilor, '*Productiv*' a maximizat numărul de tuberculi, iar '*Salad Blue*' a investit în mecanisme de protecție, cu un cost metabolic evident asupra producției.

Analiza compuşilor **antocianici** din tuberculii soiului '*Salad Blue*' a evidențiat o relație invers proporțională între intensitatea stresului abiotic (termic și hidric) și acumularea totală de antociani. În cadrul celor patru experiențe desfășurate în anii agricoli 2023–2024, cea mai mare cantitate de antociani a fost înregistrată în localitatea Rusciori în 2023 (peste 800 mg/100g substanță), unde condițiile climatice au avut o intensitate mai mică a stresului hidric și termic față de celelalte experiențe. În schimb,

cea mai scăzută acumulare s-a observat în Mândra, 2024 (sub 400 mg/100g), în contextul celui mai mare deficit hidric.

La nivel individual, s-a menținut o consecvență a profilului antocianic, indiferent de condițiile de stres. Cyanidin-3-cafeoylsophoroside-5-glucoside a fost cel mai abundent compus (media: 244,52 mg/100g), urmat de Peonidin-3-dicafeoylsophoroside-5-glucoside (media: 201,55 mg/100g) și Peonidin-3-cafeoylsophoroside-5-glucoside (media: 161,70 mg/100g), proporțiile rămânând constante între experimente.

Aceste rezultate confirmă observațiile din literatura de specialitate, conform cărora răspunsul în sinteza de antociani variază în funcție de genotip și stresul abiotic (Jansen & Flamme, 2006). În cazul '*Salad Blue*', condițiile favorabile susțin acumularea acestor compuși, în timp ce stresul abiotic intens inhibă biosinteza lor. Această constatare are implicații directe asupra calității nutriționale a tuberculilor, sugerând că stresul climatic poate reduce semnificativ conținutul de antociani în soiurile valoroase din punct de vedere nutrițional.

În ceea ce privește cantitățile de **glicoalcaloizi** acumulate există diferențe semnificative statistic în funcție de an, locație și soi. Cea mai mare concentrație medie s-a înregistrat în experimentul desfășurat în Rusciori, 2024 (18,25 mg/100g), urmat de Rusciori, 2023 (16,11 mg/100g), iar cele mai mici valori au fost în Mândra, 2023 (11,48 mg/100g) și Mândra, 2024 (12,94 mg/100g), însă, spre deosebire de acumularea antocianilor, acumularea glicoalcaloizilor a fost influențată mai mult de fertilitatea câmpurilor experimentale și mai puțin de stresul climatic (Legea lui Liebig).

Soiul '*Paradiso*' a prezentat cea mai mare acumulare medie de glicoalcaloizi (20,13 mg/100g), depășind pragul de siguranță alimentară de 20 mg/100g, urmat de '*Productiv*' (15,96 mg/100g), '*Alouette*' (12,13 mg/100g), iar '*Salad Blue*' a avut cea mai scăzută valoare (10,87 mg/100g).

Analiza separată a zonelor de acumulare a indicat o concentrație semnificativ mai mare în coajă decât în pulpă, aspect susținut și de literatura de specialitate. Comparația între principalii compuși glicoalcaloizi a arătat o prevalență a α -chaconinei față de α -solanină în toate soiurile, cu un ecart mediu de aproximativ 20 mg/100g. Valorile cele mai ridicate de α -chaconină s-au înregistrat tot la soiurile '*Paradiso*' și '*Productiv*', în timp ce α -solanina s-a situat sub pragul de 10 mg/100g pentru toate soiurile, '*Paradiso*' rămânând totuși lider.

Analiza influenței irigației asupra **biomasei și conținutului de apă** din partea aeriană a plantelor de cartof a evidențiat un impact semnificativ al regimului hidric asupra dezvoltării fiziologice. Rezultatele statistice obținute prin analiza ANOVA arată că atât variabila *irigare*, cât și interacțiunea *irigare* * *soi* au avut efecte semnificative statistic ($p = 0,003$ și $p = 0,001$), în timp ce variabila „*soi*” singură nu a generat diferențe semnificative ($p = 0,213$).

Această situație sugerează că răspunsul soiurilor nu este uniform la diferite tratamente de irigare și că performanțele fiziologice sunt influențate mai mult de

interacțiunea cu factorii de mediu decât de genotip în sine. Soiul '*Productiv*' a manifestat diferențe reduse între variantele cu și fără irigare, indicând o toleranță mai bună la stresul hidric, în timp ce '*Salad Blue*' a prezentat fluctuații mari ale biomasei și conținutului de apă între tratamente, semnalând o sensibilitate crescută la deficiențele de apă.

Analizele microscopice efectuate asupra rădăcinilor soiurilor '*Productiv*' și '*Salad Blue*' au evidențiat modificări anatomice semnificative induse de stresul hidric. În condiții de irigare optimă, ambele soiuri au prezentat o organizare tisulară clară și bine diferențiată, cu pereți celulari subțiri, structuri poroase în zona scoarței și delimitări precise între exoderm, endoderm și vase conducătoare, semne ale unei funcționări metabolice normale și eficiente.

În schimb, în condiții de stres hidric, s-au observat îngroșări ale pereților celulari, reducerea porozității și elasticității scoarței, diminuarea numărului de vase conducătoare și pierderea clarității structurale între straturile tisulare. Aceste modificări reflectă, probabil, activarea unor mecanisme adaptative, precum sinteza crescută de lignină și suberină, cu rol de întărire a țesuturilor și de reducere a pierderilor de apă prin transpirație.

Stratul epidermic a prezentat modificări notabile între tratamente. La soiul '*Productiv*', celulele epidermice au rămas bine organizate în regim optim, dar au devenit colabate și fisurate în condiții de stres. La '*Salad Blue*', degradarea a fost mai severă, celulele epidermice au pierdut complet turgescența, iar prezența fisurilor și a formațiunilor neregulate indică afectarea integrității structurale și apariția unui risc crescut de infecții patogene (Barber & Silberbush, 2015).

CONCLUZII

Studiul desfășurat în anii agricoli 2023 și 2024 a demonstrat un impact semnificativ al stresului termic și hidric asupra dezvoltării plantelor de cartof, în toate cele patru experiențe de câmp. Temperaturile frecvente peste pragul critic de 25 °C și precipitațiile sub nivelul optim au creat condiții nefavorabile, în special în localitatea Mândra, în anul 2024. Aceste condiții climatice au coincis cu etape fenologice sensibile precum înfloritul și formarea tuberculilor, amplificând efectele negative asupra randamentului.

Analiza pedologică a evidențiat o fertilitate superioară în Mândra, cu o textură mai aerată și compactare redusă. Rusciori a oferit regim nutritiv inferior, cu un potențial de compactare mai mare a solului. Aceste diferențe edafice au influențat capacitatea plantelor de a face față stresului abiotic.

Evaluarea morfologică a celor patru soiuri a scos în evidență trăsături genetice distincte. Soiul '*Alouette*' s-a remarcat printr-o dezvoltare vegetativă viguroasă și o activitate fotosintetică intensă. '*Paradiso*' a avut cele mai mari mase ale tuberculilor, în

timp ce **'Productiv'** a produs un număr mare de tuberculi, dar de eimensiuni mici. **'Salad Blue'**, în schimb, a manifestat cele mai slabe performanțe morfologice, în special în condiții de stres hidric și termic.

Din perspectiva biochimică, soiul **'Salad Blue'** a acumulat cele mai mari cantități de **antociani** în condiții mai puțin stresante, demonstrând un răspuns antioxidant nespecific la stres.

Soiurile **'Paradiso'** și **'Productiv'** au înregistrat cele mai ridicate valori ale **glicoalcaloizilor**, în solurile mai puțin fertile din Rusciori, sugerând o activare a mecanismelor reactive la stresul abiotic. Totuși, conținutul de glicoalcaloizi la soiul **'Paradiso'** a depășit pragul de siguranță alimentară (20 mg/100g), ceea ce necesită atenție suplimentară.

Experimentele desfășurate în **spațiu controlat** au confirmat că regimul de irigare influențează semnificativ acumularea de **biomasă și apă**. Soiul **'Productiv'** a prezentat o capacitate mai bună de adaptare, menținând valori stabile, în timp ce **'Salad Blue'** a fost afectat sever de stresul hidric. Aceste rezultate au fost susținute de analiza morfologică a **rădăcinilor sub microscop (SEM)**. În condiții de stres au fost observate următoarele aspecte: colaps celular, îngroșarea pereților, pierderea turgescenței și apariția microfisurilor, indicii ai deteriorării structurale și ai unui risc crescut de infecții.

În concluzie, studiul demonstrează că **reacțiile fiziologice la stresul hidric și termic sunt rezultatul unei interacțiuni complexe între factori climatici, edafici și genetici**.

RECOMANDĂRI

Rezultatele cercetării susțin o serie de recomandări practice pentru adaptarea tehnologiilor de cultură a cartofului în contextul schimbărilor climatice și al intensificării stresului abiotic:

1. Continuarea experimentelor și includerea de noi indicatori relevanți în fiziologia cartofului, având în vedere ipotezele teoretice formulate în prezenta teză referitoare la sinteza ABA, auxine, citochinine, transportori StSUT2 sau proteine HSP în condiții de stres abiotic.
2. Adoptarea unor tehnologii de irigare adaptate fenofazelor critice ale cartofului (înflorirea și formarea tuberculilor) este esențială pentru stabilizarea producției în condiții de stres hidric și utilizarea apei de irigat în mod eficient din punct de vedere economic și al resurselor de apă dulce. În special în zonele predispuse la deficit pluviometric, cum este cazul localităților Mândra și Rusciori, implementarea irigației deficitare controlate cu ajutorul metodei de irigării prin picurare ar putea asigura un regim de umiditate mai stabil.
3. Selecția soiurilor cultivate ar trebui să țină cont de capacitatea adaptativă la stres termohidric, nu doar de potențialul productiv în condiții optime. Soiurile **'Alouette'**

- și 'Paradiso' au demonstrat o mai bună plasticitate fenotipică și o performanță agronomică superioară în condiții pedoclimatice variabile și pot constitui opțiuni viabile pentru extindere în areale afectate de schimbările climatice, cu mențiunea că 'Paradiso' are un potențial de toxicitate ridicat.
4. Monitorizarea compușilor bioactivi, în special a glicolcaloizilor, este necesară în contextul intensificării stresului abiotic, pentru a evita depășirea limitelor de siguranță alimentară (20 mg/100 g substanță proaspătă). Soiurile cu potențial toxic, precum 'Paradiso', necesită o atenție sporită în anii secetoși și pe soluri cu fertilitate redusă.
 5. Integrarea cultivării în spații controlate în cercetare și ameliorare oferă un instrument eficient pentru testarea rapidă a răspunsului la stres hidric. Aceste condiții permit izolarea variabilelor și testarea precisă a genotipurilor. Se recomandă extinderea acestui tip de experimentare și pentru alte stresuri abiotice (salinitate, fotoperioadă, temperaturi extreme).
 6. Utilizarea indicelui SPAD și a altor parametri fiziologici (conținut de apă, morfologia rădăcinilor) ca instrumente de screening rapid poate contribui la selecția timpurie a genotipurilor tolerante la secetă și temperaturi ridicate, în cadrul programelor de ameliorare și în agricultură de precizie.

ORIGINALITATEA ȘI CONTRIBUȚIILE INOVATIVE ALE TEZEI

Teza de doctorat se remarcă printr-o abordare integrativă, complexă și interdisciplinară a modului în care stresul abiotic, în special cel termic și hidric, influențează dezvoltarea morfologică, fiziologică și biochimică a patru soiuri de cartof cultivate în condiții variate de sol și climă.

Originalitatea lucrării constă în investigarea simultană, atât în câmp cât și în spațiu controlat, a efectelor combinate ale temperaturilor ridicate și deficitului de apă, o abordare documentată mai rar în literatura de specialitate.

O contribuție esențială a lucrării este integrarea analizelor biometrice (parametri ai tufei și ai tuberculilor), fiziologice (indice SPAD, conținut de apă, biomasa aeriană, structură celulară radiculară) și biochimice (antociani și glicolcaloizi), în corelație directă cu factorii pedoclimatici locali. Acest cadru analitic unitar a permis evidențierea diferențelor de răspuns între soiuri și identificarea unor genotipuri cu valoare adaptativă ridicată în condiții de stres.

De asemenea, teza aduce în atenție riscurile asociate conținutului ridicat de glicolcaloizi la unele soiuri (ex. 'Paradiso'), subliniind implicațiile pentru siguranța alimentară și procesare.

O noutate metodologică importantă este utilizarea microscopiei electronice de scanare (SEM) pentru caracterizarea detaliată a modificărilor structurale la nivelul rădăcinii sub influența stresului hidric. Această tehnică fiind rar aplicată în studiile de

specialitate pe cartof. Completarea experimentelor din câmp cu testări în condiții controlate de irigare oferă un cadru aplicativ valoros pentru selecția genotipurilor în programe de ameliorare.

Prin rezultatele obținute, teza validează și completează date existente în literatura internațională și contribuie cu perspective noi privind comportamentul fiziologic și biochimic al soiurilor de cartof în agroecosisteme specifice României. Lucrarea se aliniază direcțiilor de cercetare contemporane în agricultură durabilă, având valoare științifică semnificativă atât din punct de vedere fundamental, cât și aplicativ, în contextul necesității dezvoltării unor sisteme de producție agricole reziliente și adaptate schimbărilor climatice.

BIBLIOGRAFIA SELECTIVĂ

1. Popescu, A., Toma A., D., Stoian E., & Șerban, V. (2023). Climate Change And Its Impact On Wheat, Maize And Sunflower Yield In Romania In The Period 2017-2021 . *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* , 23(1).
2. Barber, S. A., & Silberbush, M. (2015). Plant Root Morphology and Nutrient Uptake (pp. 65–87).
3. Gong, H.-L., Liu, J.-B., Igraneza, C., & Dusengemungu, L. (2023). Sucrose Transporter StSUT2 Affects Potato Plants Growth, Flowering Time, and Tuber Yield. *Molecular Biology*, 45(3), 2629–2643.
4. Guillemette, A. M., Hernández Casanova, G., Hamilton, J. P., Pokorná, E., Dobrev, P. I., Motyka, V., Rashotte, A. M., & Leisner, C. P. (2024). The physiological and molecular responses of potato tuberization to projected future elevated temperatures. *Plant Physiology*, 197(1). <https://doi.org/10.1093/plphys/kiae664>
5. Handayani, T., & Watanabe, K. (2020). The combination of drought and heat stress has a greater effect on potato plants than single stresses. *Plant, Soil and Environment*, 66(4), 175–182.
6. Jansen, G., & Flamme, W. (2006). Coloured potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) – Anthocyanin Content and Tuber Quality. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(7), 1321–1331.
7. Bărăscu N., Donescu V., Duda M., Donescu D., & Ianoși M. (2014). Preliminary Results Regarding The Effects Of Extreme Climatic Conditions On The Yield Quality Of Different Romanian Potato Varieties. *Repository Of Iași University Of Life Sciences*, 57(1).