

REZUMAT

Cuvinte cheie: *Momordica charantia*, salinitate, fotosinteză, regim de apă, metaboliți secundari, nutriție minerală

Stresul salin afectează aproape fiecare aspect al fiziologiei și biochimiei plantelor, conducând la scăderi semnificative ale producției agricole. Acesta este un important factor abiotic, care afectează aproape 50% din terenurile agricole irigate. Se estimează că agricultura irigată va crește cu 20% în anii următori, ceea ce va duce, cel mai probabil, la extinderea suprafețelor arabile afectate de salinitate, reprezentând o provocare serioasă pentru securitatea alimentară.

Majoritatea speciilor de interes economic și agricol nu prezintă o rezistență sporită la stresul salin ceea ce poate provoca puternice dezechilibre fiziologice, scăderi considerabile ale randamentului culturilor și în cazuri extreme uscarea completă a plantelor. Pentru a se evita aceste situații, se urmărește identificarea de genotipuri rezistente la salinitate care să poată fi folosite în viitoare programe de ameliorare.

Momordica charantia este o plantă cățărătoare, tropicală și subtropicală des întâlnită în numeroase zone ale Asiei precum China și India, dar și ale Americii de Sud precum Brazilia, Guatemala și Argentina.

Dintre speciile ce fac parte din familia Cucurbitaceae, castravetele amar este una din cele mai importante, datorită aportului său nutrițional foarte ridicat, dar mai ales datorită celor peste 60 de substanțe active ce pot fi utilizate în tratarea unui număr foarte mare de boli, pornind de la probleme ale pielii precum exemele, ajungând până la cancer și diabet zaharat.

Teza de doctorat intitulată **”Cercetări privind reacția fiziologică a castravetelui amar (*Momordica charantia*) supus stresului salin”** studiază și analizează particularitățile fiziologice și biochimice ale unor genotipuri de castravete amar, obținute în cadrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare pentru Legumicultură Buzău în contextul stresului salin.

Cercetările au fost efectuate în perioada 2021-2024 și au vizat îmbunătățirea producției de castravete amar în contextul stresului salin, printr-o mai bună înțelegere a mecanismelor de apărare și rezistență la salinitate a genotipurilor studiate. Pentru întocmirea prezentei teze au fost fixate următoarele obiective:

- Stabilirea influenței stresului salin asupra genotipurilor de castravete amar studiate;
- Precizarea influenței stresului salin asupra producției de biomasă, prin intermediul analizelor biometrice;
- Constatarea influenței salinității asupra intensității procesului de fotosinteză prin analize fiziologice, biochimice și fizice;
- Analiza răspunsului unor metaboliți implicați în lupta contra stresului salin;
- Studiul nutriției minerale și antagonismul unor elemente implicate în reacția la stres a plantelor;
- Reutilizarea materialului vegetal în economia circulară.

Cercetările au fost realizate atât în cadrul serei ce aparține Institutului de Cercetare pentru Agricultură și Mediu, cât și în solarele Universității pentru Științele Vieții "Ion Ionescu de la Brad" din Iași.

Prezenta teză de doctorat este structurată pe două părți și cuprinde șapte capitole la care se adaugă introducerea, bibliografia și anexele. Teza prezintă un număr de 20 de tabele, 86 de figuri, o schemă și peste 250 de surse bibliografice.

Partea I a lucrării cuprinde introducerea și stadiul actual al cercetărilor, conform literaturii de specialitate, privind cultura de castravete amar și influența stresului salin asupra principalelor procese fiziologice și biochimice însumate într-un capitol (I).

Capitolul I este alcătuit din patru subcapitole principale care sintetizează informații despre stresul salin și răspândirea acestuia în contextul creșterii continue a populației. Este analizată, de asemenea, reacția plantelor la salinitate în funcție de nivelul de rezistență la acest factor abiotic și castravetele amar din punct de vedere al importanței nutritive, medicinale, dar și încadrarea speciei în funcție de rezistența acesteia la condițiile de stres. Totodată, în acest capitol sunt prezentate studii din literatură referitoare la *Momordica charantia* și reacția atât fiziologică cât și biochimică în contextul unor cantități ridicate de clorură de sodiu din sol.

Partea a doua a tezei este reprezentată de cercetările proprii și este formată din șase capitole principale (II-VII).

Capitolul II cuprinde descrierea condițiilor experimentale și modul de organizare a celor două experiențe realizate în prezenta teză. Pe parcursul cercetărilor s-a înființat o experiență bifactorială formată din blocuri randomizate. Factorul A al experienței a fost reprezentat de materialul vegetal utilizat iar factorul B a presupus tratamentele saline aplicate.

Materialul vegetal a fost compus din cinci genotipuri de castravete amar dintre care două soiuri românești (Rodeo și Brâncuși) și trei linii experimentale (Linia 1, Linia 3 și Linia 4). Aceste genotipuri au fost fiecare împărțite în trei variante astfel: M – Martorul netratat, V1 - Varianta tratată cu 100 mM NaCl și V2 – Varianta tratată cu 200 mM NaCl. Au fost aplicate tratamente în fenofazele 201 BBCH, 501 BBCH și 701 BBCH.

Experiența secundară a presupus utilizarea aceluiași material vegetal care a fost împărțit astfel: M – Martorul netratat, V1 - Varianta tratată cu 50 mM NaCl și V2 – Varianta tratată cu 50 mM NaCl și 0,5% biostimulator Algevit. Plantele au fost udate cu soluțiile aferente în funcție de necesități.

Capitolul III prezintă scopul, obiectivele, particularitățile fiecărui genotip studiat și de asemenea metodologia de cercetare din cadrul prezentei teze. În vederea îndeplinirii obiectivelor propuse s-au realizat analize fiziologice, biochimice și fizice.

Analizele fiziologice sunt reprezentate de determinările biometrice precum: înălțimea plantelor, numărul mediu de flori pe plantă, dar și numărul mediu de fructe. Au fost realizate determinări asupra regimului de apă prin intermediul conductanței stomatale. Din aceeași categorie fac parte de asemenea, analizele asupra conținutului

de pigmenți fotosintetici realizare atât prin studiul conținutului total de pigmenți fotosintetici cât și prin analiza clorofilei *a* și a clorofilei *b*.

Analizele biochimice au cuprins studiul: prolinei, malondialdehidei, vitaminei C, aminoacizilor aromatici, conținutului total de polifenoli și al nitraților, iar *analizele fizice* au fost reprezentate de Randamentul cuantic maxim al PS II, Randamentul maxim de fluorescență în absența luminii fotosintetice (Fm), Randamentul minim de fluorescență în absența luminii fotosintetice (F0) și determinarea elementelor minerale precum potasiu, calciu, fosfor și sulf prin intermediul fluorescenței de raze X.

Capitolul IV prezintă rezultatele analizelor realizate asupra materialului vegetal în cadrul experienței principale, fiind împărțit în cinci subcapitole în funcție de analizele prezentate.

Prima secțiune se referă la analizele biometrice și evidențiază un comportament similar al genotipurilor pentru fiecare analiză realizată. Astfel, după aplicarea primului tratament variantele supuse stresului, pentru fiecare genotip, au prezentat o tendință de creștere accelerată observată printr-o valoare a înălțimii mai ridicată. Acest efect nu s-a observat însă și în cazul genotipului Linia 4 care a reacționat negativ la stresul salin ce a redus creșterea.

Aplicarea celui de al doilea tratament a determinat o reducere a valorilor la variantele supuse stresului salin, iar după aplicarea ultimului tratament s-a putut observa o scădere accentuată a procesului de creștere comparativ cu martorul netratat. În contextul unei perioade lungi de expunere la stresul salin, Linia 3 s-a evidențiat printr-o menținere a valorilor mai ridicate la variantele supuse salinității, comparativ cu martorul.

Numărul de flori și de fructe au fost analizate după aplicarea celui de al doilea și respectiv al treilea tratament, iar comportamentul genotipurilor a fost identic cu cel observat la analizele anterioare. Cele mai semnificative scăderi comparativ cu martorul au fost raportate la genotipul Linia 4 unde numărul de flori pe plantă a scăzut de la 17 la martorul netratat până la 7 în cazul soluției saline 200 mM, după aplicarea celui de al doilea tratament. Comparativ cu acest genotip, Linia 3 a prezentat un traiect ascendent al numărului de flori la variantele stresate, crescând cu 27% la varianta tratată cu 200 mM NaCl.

În cazul numărului de fructe la tratamentele saline cea mai mare valoare s-a observat la Linia 3 (3,3 fructe pe plantă la varianta V1 și 4 la varianta V2), iar cele mai mici valori s-au remarcat la Linia 4 (2,3 fructe la varianta V1 și 1 fruct pe plantă la varianta V2).

A doua secțiune a acestui capitol se referă la analizele efectuate asupra regimului de apă și rezultatele obținute. Analiza conductanței stomatale a evidențiat o reacție inițială de creștere a acesteia la variantele supuse salinității, și o scădere după o perioadă îndelungată de expunere la acest factor abiotic. După aplicarea ultimului tratament cea mai puternică reducere a conductanței stomatale s-a remarcat la genotipul Linia 4, cu o scădere de la 10,3 mol/m²s² în cazul martorului, la 9,4 mol/m²s² la varianta V2. Linia 3 și-a menținut o tendință ascendentă a conductanței

stomatale, cu o creștere de la 8,23 mol/m²s² în cazul martorului, până la 9,1 mol/m²s² în cadrul variantei V2, ceea ce arată o rezistență sporită la stres.

A treia subsecțiune tratează procesul de fotosinteză prin analiza pigmentilor fotosintetici și a fluorescenței clorofilei. Intensitatea fotosintetică a fost maximă la variantele supuse stresului salin după aplicarea primului tratament datorită cantităților ridicate de pigmenți fotosintetici, apoi în scădere accelerată odată cu aplicarea următoarelor tratamente.

Analiza conținutului total de pigmenți după ultimul tratament a reliefat valori reduse față de martor la toate genotipurile studiate, cu excepția Liniei 3, unde varianta V2 a prezentat o creștere de 7% față de control. Contrar acestei creșteri Linia 4 a prezentat cele mai reduse valori, scăzând de la 46,51 u.s (martor) la 38,5 u.s (V2).

Analiza clorofilei *a* și a clorofilei *b* confirmă rezultatele observate în cazul conținutului total de pigmenți fotosintetici, remarcându-se un comportament similar al clorofilelor. După o perioadă lungă de expunere la stresul salin, conținutul de clorofilă a scăzut semnificativ comparativ cu martorul.

Cea mai puternică scădere s-a remarcat la Linia 4. La acest genotip, clorofila *a* a fost redusă cu 38% în varianta tratată cu soluție salină de 100 mM și cu 58,6% față de martorul netratat în varianta udată cu 200 mM NaCl. Clorofila *b* a prezentat un comportament similar cu cel al clorofilei *a*. Linia 3 a înregistrat valori mai ridicate decât martorul chiar și după aplicarea ultimului tratament. Această acumulare ridicată de clorofilă evidențiază nu doar rezistența genotipului la condițiile de stres salin, ci și faptul că plantele se încadrează în modelul bifazic propus de Munns în 1993.

Fluorescența clorofilei *a* evidențiază valori optime ale martorilor pentru toate genotipurile analizate, iar tratamentele saline au influențat valorile rapoartelor. Cele mai pronunțate diferențe față de martor au putut fi observate la Linia 4 pentru fiecare din cele trei analize, evidențiind genotipul ca fiind puternic afectat de stresul oxidativ. Comparativ cu acesta, cele mai mici diferențe față de martor s-au observat la Linia 3 (4% la tratamentul V1 și 6,9% la tratamentul V2), demonstrând o bună rezistență la stresul salin după perioade lungi de expunere la acesta.

A patra secțiune prezintă analizele biochimice realizate asupra frunzei și a fructului de castravete amar. Malondialdehida și polifenolii totali au crescut considerabil în variantele supuse stresului salin pentru fiecare genotip studiat. Cea mai puternică creștere a cantității de malondialdehidă a fost semnalată la Linia 4, unde tratamentul cu soluție salină 100 mM a produs o creștere de 17% față de martor, iar tratamentul cu soluție salină 200 mM a determinat o creștere cu 41% a MDA. Această concentrație semnificativă a atras după sine o cantitate ridicată de polifenoli totali, evidențiind prezența unei activități ridicate a speciilor reactive de oxigen.

Creșteri considerabile au fost remarcate, la nivelul fructului, în ceea ce privește prolina și vitamina C. În ambele cazuri creșterile cele mai accentuate față de martor s-au remarcat la genotipurile Linia 1 și Linia 4. La analiza prolinei

maximul concentrației a fost observat la Linia 4, la care tratamentul cu 100 mM NaCl a determinat o creștere de 2,1 ori față de martor, iar tratamentul cu 200 mM NaCl a crescut cantitatea de prolină de 4,68 ori în fructele verzi. La genotipul Linia 1, vitamina C a crescut cu 323,36%, atingând o valoare de 136,60 mg/100 g în plantele tratate cu 200 mM NaCl. Comparativ cu aceste diferențe, cele mai reduse creșteri au fost raportate la Linia 3, evidențiind o bună reacție la stresul salin a acestui genotip.

În ceea ce privesc aminoacizii aromatici, aceștia au prezentat scăderi la toate genotipurile analizate, cu excepția Liniei 3. Cel mai pronunțat contrast între plantele din grupul martor și cele tratate cu soluții saline s-a observat la Linia 4, unde martorul a prezentat o valoare a absorbantei de 0,6242; varianta V1 a avut o absorbantă de 0,5655, iar varianta V2 de 0,5177. În contextul rezultatelor anterioare obținute în această cercetare, se poate observa că Linia 4 prezintă o adaptare redusă la condițiile de stres salin. Linia 3 a prezentat o tendință ușoară de creștere a concentrației aminoacizilor specifică genotipurilor rezistente la stres.

Ultimul subcapitol a vizat analiza unor elemente minerale esențiale plantelor precum calciul, potasiul și azotul. Fiecare din cele trei analize, a evidențiat o tendință puternică de scădere în frunzele plantelor supuse stresului salin. Acest efect poate fi explicat atât prin apariția stresului osmotic cât și a stresului ionic instalat după perioade lungi de expunere la salinitate. Cele mai mici diferențe au fost observate la Linia 3 unde raportul calciului a scăzut cu maxim 3,18% la plantele tratate cu 100 mM NaCl și cu 10,21% la plantele tratate cu 200 mM NaCl. Același fenomen s-a remarcat atât pentru potasiu cât și pentru nitrați.

Capitolul V a reliefat acțiunea unui biostimulator comercial, pe bază de alge marine asupra genotipurilor de castravete amar, în contextul stresului salin.

Astfel, pentru evaluarea reacției castravetelui amar la aplicarea biostimulatorului s-au analizat: germinația, prolina, malondialdehida, polifenolii totali, calciul, potasiul, fosforul, sulful și azotul.

Rata de germinație a fost puternic influențată negativ de salinitatea solului, cele mai considerabile diferențe fiind raportate la genotipurile Brâncuși, Linia 4 și Rodeo, unde scăderile au fost de aproximativ 40% față de martorul netratat. Aplicarea biostimulatorului Algevit a îmbunătățit atât rata de germinație cât și timpul necesar germinației pentru Rodeo și Linia 4 demonstrându-și astfel rolul pozitiv asupra genotipurilor testate.

Cele mai puternice fluctuații ale prolinei s-au înregistrat la aplicarea tratamentelor saline, unde cea mai ridicată concentrație s-a remarcat la Linia 4 (14,9 mg/L), iar cea mai mică valoare s-a observat la Linia 3 (4,91 mg/L). O diminuare considerabilă a cantității de prolină observată la aplicarea tratamentului cu Algevit 0,5% a evidențiat un bun răspuns al plantelor la aplicarea acestui biostimulator.

Malondialdehida a prezentat cele mai ridicate valori la variantele tratate cu soluție salină. Cea mai puternică creștere față de martor s-a remarcat la soiul Brâncuși, urmată apoi de Linia 4. Deși aplicarea biostimulatorului a redus

peroxidarea lipidelor, valori apropiate de cele ale plantelor din varianta supusă stresului salin s-au remarcat la Brâncuși, Rodeo și Linia 4 ceea ce evidențiază aceste genotipuri ca fiind puternic afectate de stresul oxidativ.

Polifenolii totali au prezentat cele mai mari concentrații la tratamentul cu soluție salină pentru toate genotipurile. Aplicarea biostimulatorului Algevit a determinat reducerea concentrațiilor de polifenoli, observându-se, conform analizei statistice cele mai apropiate valori față de martor la Linia 3, Linia 1 și Linia 4.

Potasiul, calciul, azotul, sulful și fosforul, au prezentat o tendință foarte accelerată de scădere la plantele din variantele supuse stresului salin. Cele mai mari fluctuații, comparativ cu martorul netratat au fost înregistrate la Ca (59,7%) și S (55%). Varianta V2 a determinat valori ale rapoartelor semnificativ mai mari față de V1. Cele mai apropiate rapoarte față de martorul netratat au fost la genotipul Linia 3, unde S/Si (6,89) a fost mai ridicat decât martorul netratat (5,34). S-a evidențiat astfel o reducere a stresului osmotic și a celui ionic la aplicarea biostimulatorului.

Capitolul VI prezintă o metodă alternativă de utilizare a deșeurilor vegetale rezultate în urma analizelor efectuate în prezenta teză. Astfel, s-au obținut puncte de carbon ce au fost testate în scopul purificării apei reziduale ce conțin coloranți textili.

Experimentele de degradare au fost proiectate pentru a mima ape reziduale contaminate. Degradarea coloranților a avut loc sub iradiere UV de tip A, acest domeniu fiind selectat pentru a reproduce condițiile naturale. Rezultatele au arătat că în decurs de 13 minute atât albastru de metilen cât și amarant-ul au fost degradați în procent de peste 50%.

Prezenta teză de doctorat se finalizează cu un capitol destinat concluziilor și recomandărilor, pentru schițarea unor viitoare perspective atât în ceea ce privește cercetarea, cât și pentru cultivarea castravetelui amar.

Bibliografia utilizată în elaborarea prezentei teze însumează 261 de titluri atât din literatura națională cât și din cea internațională.