

Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului
“Regele Mihai I al României” din Timișoara



Facultatea de Horticultură și Silvicultură

MIRON MARIUS-SABIN

Rezumat

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND MECANISMELE DE ADAPTARE ALE
UNOR SPECII DE CONIFERE LA SCHIMBĂRILE CLIMATICE**

Conducători științifici,

PROF. UNIV. DR. RADU-LIVIU ȘUMĂLAN

PROF. UNIV. DR. VASILE CRISTEA

Timișoara

2019

A. INTRODUCERE

Istoria vieții pe Terra este strâns legată de modificările mediului ambiant la diferite niveluri spațiale și temporale. Una dintre componentele sensibile ale acestei asocieri o reprezintă capacitatea diferitelor specii vegetale de a-și modifica distribuția, ca reacție la evenimentele tectonice, oceanografice sau climatice (Rosen, 1984).

Motivația alegerii temei.

Schimbările climatice afectează vegetația forestieră pe cuprinsul întregii planete, atât în mod direct, prin reducerea creșterilor, mortalitate, deficiențe de regenerare, etc., cât și indirect, prin dezechilibre ce provoacă modificarea compoziției floristice în interacțiune directă cu factorii cauzatori. În aceste condiții unele specii sunt supuse extincției în timp ce altele sunt favorizate spre a ocupa noi arealuri.

În ultimii ani eforturile depuse de lumea științifică pentru previzionarea efectelor schimbărilor climatice globale, asupra proceselor din ecosistemele forestiere s-au intensificat, încercând să se găsească soluții viabile pe termen scurt.

Obiectivele cercetărilor:

Obiectivul principal al tezei de doctorat a fost acela de a *studia efectele schimbărilor climatice asupra mecanismelor fiziologice de toleranță la secetă și supraîncălzire a puietilor de brad și molid, de proveniențe diferite, în scopul identificării unor clone cu capacitate adaptativă ridicată la schimbările climatice.*

Dintre **obiectivele secundare** cele mai importante se referă la:

- *evidențierea schimbărilor climatice din partea de vest a României prin analiza datelor meteorologice înregistrate la Stația Meteorologică Timișoara (SMT) în intervalul 1961-2015;*
- *studierea răspunsului fiziologic al puietilor de brad (*Abies alba* Mill.) și molid (*Picea abies* (L.) Karst.) la secetă și caniculă indusă;*
- *evidențierea importanței provenienței puietilor și a originii altitudinale a acestora asupra însușirilor fiziologice de toleranță la secetă și caniculă;*
- *contribuții privind rolul micorizării în creșterea toleranței puietilor la schimbările climatice manifestate prin secetă și temperaturi atmosferice ridicate;*
- *o mai bună înțelegere a rolului variabilității genetice asupra mecanismelor, biochimice și fiziologice implicate în creșterea toleranței la factorii de stres menționați a puietilor de brad și molid.*

Prezentarea conținutului tezei:

Conținutul tezei de doctorat este structurat în părțile specifice recomandate prin instrucțiunile și standardele unice de elaborare a tezelor de doctorat în cadrul IOSUD- USAMVB Timișoara și prezintă următoarele aspecte:

Stadiul actual al cercetărilor cu privire la eco-fiziologia bradului și molidului, a mecanismelor fiziologice implicate în adaptarea acestor specii de conifere la schimbările climatice manifestate în special prin deficit hidric și caniculă. De asemenea, s-a realizat o prezentare cuprinzătoare a habitatelor din România a celor două specii, fiind astfel identificate 32 de habitate naturale, fapt ce atestă capacitatea ridicată de adaptare la condiții pedologice și climatice variate a bradului și molidului.

Obiectivele cercetărilor sunt prezentate în debutul celei de-a doua părți a tezei de doctorat, pornind de la faptul că cele două specii au o importanță economică și ecologică deosebită. În condițiile schimbărilor climatice globale, sunt necesare studii privind comportamentul acestor specii la încălzirea globală asociată cu seceta estivală, adică în perioada de vegetație, chiar dacă acestea au o mare amplitudine și plasticitate ecologică. Molidul este cel mai important conifer din punct de vedere economic din Europa.

Materialele și metodologia de cercetare folosită a fost specifică studiilor de fiziologie vegetală, menită să determine schimbările metabolice determinate fie de diferențele genetice, fie induse de condițiile de stres asupra plantelor de brad și molid. Astfel ca material biologic s-au folosit puieti de patru ani de proveniențe diferite: Munții Bârgău (1140 msm; N47°15'44" E25°1'34"), Muntele Mic (760 msm; N45°23'49" E22°34'55") și Munții Poiana Ruscă (620 msm, N45°38'54" E 22°16'27"), micorizați și nemicorizați, cultivați în vase de 40 litri capacitate, cu amestec de pământ, crescuți în condiții semicontrolate și supuși stresului manifestat prin secetă asociată cu caniculă, încercând să inducem condițiile de stres specifice lunilor iulie și august. Au fost efectuate determinări privind ritmul de creștere și acumularea de biomasă, precum și determinări asupra biosintezei unor molecule cu rol metabolic (pigmenți clorofilieni și prolină liberă) din aparatul foliar acicular al plantelor.

Rezultatele experimentale obținute sunt prezentate pe parcursul a trei capitole ce prezintă:

Rezultatele cercetărilor privind analiza schimbărilor climatice și efectele lor asupra vegetației forestiere

- **studiu de caz vestul României**, capitol în care se confirmă ipoteza că schimbările climatice sunt reale, se manifestă la nivel global, dar mai ales regional, prin perioade lungi cu deficit de umiditate și temperaturi ce depășesc frecvent limita caniculei.

Rezultatele experimentale privind reacțiile morfo-fiziologice ale puietilor de molid (*Picea abies* (L.) Karst) la stresul indus prin secetă și caniculă, demonstrează că există diferențe importante de comportament între cele trei proveniențe, diferențe determinate în special de bagajul genetic al puietilor.

Rezultatele experimentale privind reacțiile morfo-fiziologice ale puietilor de brad (*Abies alba* Mill.) la stresul indus prin secetă și caniculă, confirmă ipoteza conform căreia factorii de stres abiotici produc modificări metabolice importante, de cele mai multe ori manifestate prin reducerea creșterilor, inhibarea fotosintezei și sinteza de bio-molecule cu rol protector. Astfel, rezultatele obținute au demonstrat că toleranța la secetă și caniculă a puietilor de brad, de diferite proveniențe se manifestă în special prin biosinteza de compuși cu rol funcțional în detrimentul celor cu funcții structurale.

Concluziile și recomandările sunt valoroase și numeroase, bazate pe prelucrarea statistică a datelor experimentale și interpretarea corectă a acestora. Rezultatele obținute atestă existența unei biosinteze concurențiale între clorofilă și prolină în aparatul foliar al puietilor de brad și molid supuși condițiilor de secetă și temperaturi caniculare, pornind de la faptul că cele două categorii de compuși au un precursor comun- acidul glutamic. Pe de altă parte, rezultatele studiului au confirmat existența pe teritoriul României a unor proveniențe valoroase, cu capacitate mare de adaptare la condițiile induse de schimbările climatice, cu toleranță la secetă și caniculă, proveniențe ce pot reprezenta o importantă sursă genetică pentru procese de ameliorare și împăduriri.

B. CONȚINUTUL TEZEI DE DOCTORAT

I. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND EFECTELE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA ECO-FIZIOLOGIEI BRADULUI ȘI MOLIDLUI

CAPITOLUL 1. STADIUL CERCETĂRILOR PRIVIND IMPACTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA VEGETAȚIEI FORESTIERE

1.1. CERCETĂRI PRIVIND DINAMICA TEMPORALĂ A SCHIMBARILOR CLIMATICE ȘI MASURI DE CONTRACARARE ALE EFECTELOR ACESTORA

Cel mai evident și rapid efect al încălzirii globale este topirea ghețarilor și creșterea nivelului mărilor și al oceanelor planetare. Așa cum se știe, pe Terra, de-a lungul erelor geologice nivelul acestora a fost diferit. Se poate constata că de-a lungul erelor geologice, o creștere de doar 2-3 °C a fost capabilă să determine o creștere a nivelului apelor de 180-220 metri peste nivelul actual.

Datele înregistrate de diversele stații de pe întreaga suprafață a planetei au arătat că uscatul se încălzește mai pronunțat decât zonele oceanice, acestea având o capacitate mai mare de inerție termică, precum și o capacitate mai mică de disipare a căldurii. Creșterea CO₂ atmosferic va determina o mărire a nivelului acestuia în precipitații, întrucât o parte din CO₂ atmosferic este îndepărtat de către apă. Acest fapt va determina acidificarea oceanelor planetare. Toate se vor răsfrânge asupra biodiversității, multe dintre viețuitoarele marine fiind foarte sensibile la modificări minore ale pH-ului apei (moluște, crustacee, corali), nu doar la creșterea temperaturii apei. Fenomenul actual al încălzirii globale, prin creșterea concentrației CO₂ atmosferic, posibil din cauze antropice este un fenomen real, ce se manifestă cu precădere în ultimele decade.

1.2. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII PRIVIND CERINȚELE ECOLOGICE ALE SPECIEI *Abies alba* Mill. ȘI ALE SPECIEI *Picea abies* (L.) KARST

1.2.1. Studii privind originile, evoluția, arealul și cerințele ecologice ale bradului

Bradul reprezintă a doua specie de conifere ca importanță economică și ca suprafață în țara noastră, după molid, fiind una dintre cele mai pretențioase specii de conifere. Familia *Pinaceae* era bine reprezentată încă din Jurassic (201,3–145 milioane de ani în urmă) Behrensmeyer Anna Katherine et al., (1992). Genul *Abies* a apărut încă din ultima parte a erei Mezozoice, în Cretacic (145-66 milioane de ani în urmă).

Abies alba este specie cu areal strict european, întâlnindu-l în regiunile muntoase din Europa centrală și în sudul continentului. La Nord nu urcă peste paralela de 55°, iar în Est nu trece de arcul carpatic. Este a doua specie de gimnosperme, ca areal, după molid. Arealul natural din țara noastră al bradului este cuprins între 400- 1200 metri altitudine în Carpații Orientali, ajungând până la 1500 metri în Carpații Meridionali.

Bradul este sensibil față de înghețurile târzii, în special în stadiile juvenile. Solicită umiditate atmosferică crescută (ombrofil), având nevoie de precipitații suficiente (mezofil). Gerurile puternice din timpul iernii, înghețurile târzii, seceta accentuată, vânturile uscate și reci fac regenerarea bradului dificilă în afara protecției arboretului matur (Șofletea N. și Curtu L., 2007). Din punct de vedere al precipitațiilor, limita de suportanță pentru brad este 600 mm precipitații pe an, suboptimul fiind sub 700 mm precipitații pe an, iar optimul ecologic fiind situat între 800-1000 mm

precipitații pe an. Bradul este pretențios față de condițiile edafice, preferă solurile nu foarte compacte, profunde, cu volum edafic mare, bogate în baze de schimb (eubazice-mezobazice), cu troficitate ridicată (mezotrofe-eutrofe) și cu umiditate suficientă (mezofite- mezohigrofit).

1.2.2. Studii privind originile, evoluția, arealul și cerințele ecologice ale molidului

Molidul este cea mai importantă specie de conifere din țara noastră, atât ca suprafață, cât și ca importanță economică. Genul *Picea* cunoștea o mare extindere încă din era Mezozoică. *Picea abies* datează din Neogen – Pliocen, sau chiar Miocen (23,03-2,58 milioane de ani în urmă). Centrul ancestral al originii genului *Abies* a fost în Asia de Est, de unde a ajuns în America de Nord și în Europa.

Picea abies este o specie cu areal montan în Europa Vestică, Centrală și Estică, devenind specie de câmpie în zona Nord-Baltică, în Europa septentrională. În țara noastră, în Carpați arealul natural al molidului este de la 600-800 m până la 1800-2000 de metri. În Europa, limita vestică a arealului molidului nu o depășește pe cea a bradului, lipsind din Pirinei și Masivul Central Francez. Apare doar la Est de Ron în Munții Alpi, Jura, Boemiei, Pădurea Neagră, Tatra, Dinarici și Rodopi, apoi în Polonia de Nord, Scandinavia și în Rusia până la Ural. Optimumul molidului este reprezentat de ecosisteme cu o temperatură medie anuală de 2-4 °C, mai puțin exigent decât bradul. Din punct de vedere al precipitațiilor, optimumul ecologic este situat între 800-1200 mm precipitații pe an. Nu suportă umiditatea în exces deși poate avansa și în turbării, unde are o dezvoltare lăncedă. Există și edafotip de luncă, acesta suportând un aport hidric freatic mai mare, suportând chiar și inundații ușoare.

Molidul este mai rezistent la temperaturi scăzute decât bradul, vegetând la temperaturi medii anuale de 0°C și sub 0 °C, mulțumindu-se cu o perioadă de vegetație de circa 100 de zile pe an. Este specie campestră în regiunile boreal-nordice, și colinar-montană în regiunile sudice ale arealului natural, unde este specie de lizieră altitudinală. Este o specie de semiumbră, caracter ce se menține 20-30 de ani. Spre limita altitudinală din zona noastră, în rariștele subalpine, molidul devine specie heliofilă.

1.3. STUDII ASUPRA HABITATELOR POPULAȚIILOR DE BRAD (*Abies alba* Mill.) ȘI/SAU MOLID (*Picea abies* (L.) Karst) DIN ROMÂNIA

Datorită amplitudinii și a plasticității ecologice însemnate ale celor 2 specii, regăsim în România bradul (*Abies alba*) și molidul (*Picea abies*) în 32 de habitate diferite, în arborete pure, sau în amestec cu alte specii, în cele mai diverse condiții pedoclimatice.

II. CERCETĂRI PROPRII

CAPITOLUL 2. REZULTATELE CERCETĂRIILOR PRIVIND ANALIZA SCHIMBĂRIILOR CLIMATICE ȘI EFECTELE LOR ASUPRA VEGETAȚIEI FORESTIERE - STUDIU DE CAZ VESTUL ROMÂNIEI.

2.1. SCOP ȘI OBIECTIVE

Analiza schimbărilor climatice sezoniere pe parcursul unor durate de timp îndelungate este deosebit de importantă prin contribuțiile teoretice și practice aduse cunoașterii (Dumitrescu și colab., 2015). Cercetările realizate la nivel regional sunt esențiale pentru cuantificarea schimbărilor și impactul variațiilor climatice dintr- un anumit areal și deosebit de utile pentru întocmirea unor strategii adaptative (Viviroli 2011). Obiectivul studiului a fost acela de a analiza schimbările climatice produse la nivel regional și de a demonstra faptul că ultimele decenii sunt mai calde și mai secetoase, acest fapt afectând hotărâtor metabolismul vegetatiei lemnoase forestiere.

2.2. MATERIALE ȘI METODE

Pe baza datelor meteorologice primite de la Agenția Națională de Meteorologie (ANM), date înregistrate la Stația Meteorologică Timișoara (SMT) între anii 1961-2015, am realizat un studiu comparativ asupra modificărilor climatice survenite în ultimele cinci decenii prin calcularea mediilor valorilor raportate la cicluri de cinci și zece ani și calculând frecvența procentuală a unor parametrii (ex. zile caniculare, luni fără precipitații, etc).

2.3. CERCETĂRI PRIVIND DINAMICA TEMPERATURILOR AERULUI PRIN ANALIZA DATELOR OBSERVAȚIONALE ÎN INTERVALUL 1961-2015.

Există un consens general la nivelul comunității științifice că modificările climatice generează procese de încălzire globală. Această concluzie este susținută de numeroasele observații și cercetări realizate de-a lungul globului terestru în special în ultimele decenii (IPCC 2014). Efectele încălzirii globale nu sunt însă în mod uniform distribuite global, zonele nordice tinzând să fie mult mai afectate comparativ cu arealele sudice.

2.3.1. Analiza modificării mediei multianuale a temperaturilor medii anuale înregistrate la SMT în perioada 1961-2015

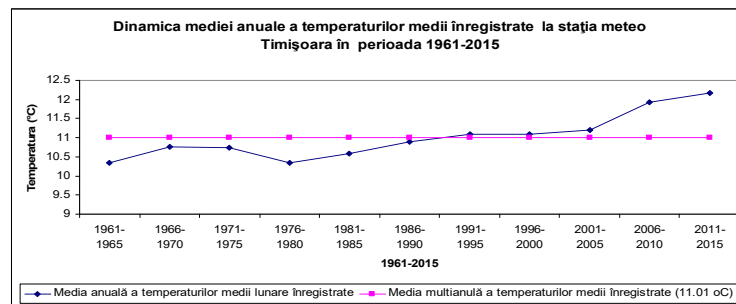


Fig. 2.1. Dinamica temperaturii medii a aerului înregistrate la SMT, în perioada 1961-2015, calculată ca medie pe cinci ani

2.4. CERCETĂRI PRIVIND DINAMICA NIVELULUI PRECIPITAȚIILOR PRIN ANALIZA DATELOR OBSERVAȚIONALE ÎN INTERVALUL 1961-2015.

Nivelul de precipitații, dar și repartizarea acestora pe parcursul perioadei de vegetație a plantelor reprezintă un factor esențial pentru realizarea bioproductivității și uneori, a supraviețuirii acestora. Deși uneori nivelul de precipitații anual se menține în limite normale, repartizarea acestora în timp și spațiu este total haotică, manifestată prin intervale scurte cu precipitații abundente urmate de perioade lungi, uneori luni de zile, în care nu cade o picătură de apă. Toate acestea duc la instalarea secetei atmosferice și pedologice cu efecte dezastruoase asupra metabolismului plantelor, determinând uneori moartea acestora. Deși, conform rezultatelor se pare că în ultima perioadă analizată ar exista un surplus de apă, fapt ce ar permite compensarea creșterii temperaturii ambientale, situația este paradoxal exact opusă. Astfel, prin analiza tuturor parametrilor meteorologici înregistrați, rezultă că deși media lunară multianuală este mai mare pentru această ultimă perioadă, comparativ cu celelalte perioade analizate, prin repartiția neomogenă a precipitațiilor, se instalează seceta pedologică în perioada estivală, iar plantele au de suferit.

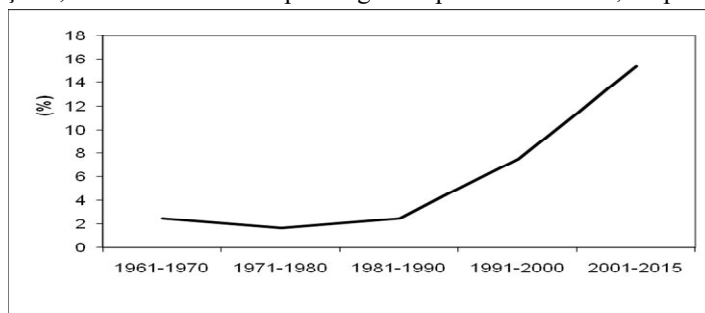


Fig. 2.2. Dinamica numărului de luni, exprimată procentual, în care nu au căzut precipitații la SMT, în perioada 1961-2015.

Prin urmare, creșterea temperaturii atmosferice, frecvența ridicată a perioadelor caniculare asociate cu intervale de timp mari lipsite de precipitații din ultimele decenii demonstrează existența unor schimbări climatice majore în arealul de referință.

CAPITOLUL 3. REZULTATELE EXPERIMENTALE PRIVIND REACȚIILE MORFO-FIZIOLOGICE ALE PUIEȚILOR DE BRAD (*Abies alba* MILL.) LA STRESUL INDUS PRIN SECETĂ ȘI CANICULĂ

3.1. SCOP ȘI OBIECTIVE

Scopul cercetărilor a fost acela de a aduce contribuții la o mai bună înțelegere a mecanismelor de toleranță la secetă și caniculă a puietilor de brad, de a stabili dacă micorizarea are efecte protective la factorii de stress amintiți și dacă putem identifica clone valoroase ce pot fi utilizate ca material de plantat în viitor.

3.2. MATERIALE ȘI METODE

Materialul biologic a fost reprezentat de puietii de brad cu vârsta de patru ani de proveniențe diferite: Munții Bârgău (1140 msm; N47°15'44" E25°1'34"), Muntele Mic (760 msm; N45°23'49" E22°34'55") și Munții Poiana Ruscă (620 msm, N45°38'54" E 22°16'27"), micorizați și nemicorizați, cultivați în vase de 40

litricapacitate cu amestec de pământ, crescuți în condiții semicontrolate și supuși stresului manifestat prin secetă asociată cu caniculă, încercând să inducem condițiile de stress specific lunilor iulie și august. Au fost efectuate determinări privind ritmul de creștere și acumularea de biomasă, precum și determinări asupra biosintezei unor molecule cu rol metabolic (pigmenți clorofilieni și prolină liberă) din aparatul foliar acicular al plantelor.

3.3 REZULTATELE CERCETĂRIILOR PRIVIND EFECTELE PROVENIENȚEI ȘI A MICORIZĂRII PUIEȚILOR ASUPRA UNOR ELEMENTE ALE CREȘTERII LA BRAD (*Abies alba* MILL.)

Cele trei proveniențe au realizat, per ansamblu (tab. 3.1.), valori medii ale creșterilor totale cuprinse între 379 cm, la puietii proveniți din Munții Poiana Ruscă și 776 cm în cazul puietilor din Munții Bârgăului, pe fondul unei variabilități intergenotipice ridicate (33,76 %). Sub aspectul acestui caracter puietii din Munții Bârgăului au înregistrat creșteri total esemnificativ superioare, cu 397 cm față de cei din Munții Poiana Ruscă, și cu 250 cm față de cei de pe Muntele Mic.

3.1. Efectele unilaterale ale provenienței și micorizării asupra creșterilor totale la puietii de brad

Proveniența	Creșteri totale medii (cm)		Valori relative (%)	Diferența/semnificația
	8	776		
Muntele Mic – Munții Bârgăului	8	776	80,93	-148
Munții Poiana Ruscă – Munții Bârgăului	9	776	48,84	-397
Munții Poiana Ruscă – Muntele Mic	9	628	60,35	-249
DL _{5%} =313 cm DL _{1%} =439 cm DL _{0,1%} =621 cm				
Micorizarea	Creșteri totale medii (cm)		Valori relative (%)	Diferența/semnificația
	4 <th>555</th>	555		
Nemicorizat - Micorizat	4	555	114,23	79
DL _{5%} =256 cm DL _{1%} =359 cm DL _{0,1%} =507 cm				

3.4. ANALIZA CORELAȚIILOR DINTRE COMPONENTELE FIZIOLOGICE STUDIAȚE

Luând în considerare valorile determinate ale conținutului de *clorofilă a* și cele estimate (fig. 3.1.) se observă că în cazul puietilor nemicorizați din Munții Bârgăului, la determinările de la începutul și la cele de la finalul stresului hidric pentru puietii micorizați, există diferențe semnificative față de modelul regresiei. Așadar, în acele condiții de stress hidric se impune o analiză mai exactă a celor patru compuși.

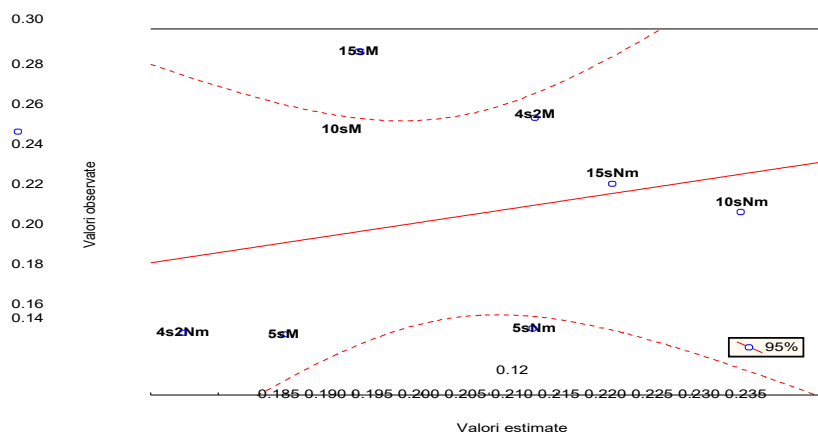


Fig. 3. 1. Reprezentarea grafică a valorilor observate ale conținutului de clorofilă a și a valorilor estimate pe baza modelului regresiei multiple la bradul din Munții Bârgăului

Prin urmare, condițiile de secetă afectează negativ puietii de brad, indiferent de proveniența lor, atât în ceea ce privește procesele de creștere, cât și metabolismul sintezelor de compuși organici. Identificarea unor proveniențe adaptate condițiilor pedoclimatice regionale, care manifestă toleranță la acțiunea nefavorabilă a deficitului hidric reprezintă o măsură obligatorie pentru asigurarea perpetuării speciei într-un viitor climatic în schimbare.

CAPITOLUL 4. REZULTATELE EXPERIMENTALE PRIVIND REACȚIILE MORFO-FIZIOLOGICE ALE PUIEȚILOR DE MOLID (*Picea abies* (L.) KARST) LA STRESUL INDUS PRIN SECETĂ ȘI CANICULĂ

4.1. SCOP ȘI OBIECTIVE

Scopul cercetărilor a fost acela de a contribui la o mai bună cunoaștere a mecanismelor fiziologice implicate în toleranța la secetă și caniculă a puietilor de molid de proveniențe diferite și de a identifica ecotipuri/clone cu capacitate mare de a tolera acțiunea nefavorabilă a factorilor de stress induși de schimbările climatice.

4.2. MATERIALE ȘI METODE

Materialul biologic a fost reprezentat de puietii de molid cu vârsta de patru ani de proveniențe diferite: Munții Bârgău, Muntele Mic și Munții Poiana Ruscă, micorizați și nemicorizați, cultivați în vase de 40 litri, crescuți în condiții semicontrolate și supuși stresului manifestat prin secetă asociată cu caniculă. Au fost efectuate determinări morfologice, biochimice și fiziologice, în scopul evidențierii nivelului de toleranță la factorii de stres.

4.3. REZULTATELE CERCETĂRIILOR PRIVIND EFECTELE PROVENIENȚEI ȘI A MICORIZĂRII PUIEȚILOR ASUPRA UNOR ELEMENTE ALE CREȘTERII LA MOLID (*Picea abies* (L.) KARST)

Având în vedere interacțiunea dintre cei doi factori (tab. 4.1.) se observă că în cazul aplicării tratamentului de micorizare proveniența puietilor nu a influențat semnificativ creșterile totale ale acestora, înregistrându-se valori cuprinse între 662 cm, pentru Muntele Mic și 769 cm pentru Munții Bârgăului. Puietii nemicorizați proveniți din Munții Bârgăului și Muntele Mic au valorificat în aceeași măsură condițiile din perioada studiului, prezentând o creștere totală semnificativ superioară cu 46-49 % față de cei de la Poiana Ruscă.

4.1. Efectul combinat al provenienței și micorizării asupra creșterilor totale la molid

Proveniența	Micorizare		$\bar{x} \pm s - \infty$	S%
	Micorizat	Nemicorizat		
Munții Bârgăului	x 769a	x 854 a	811+18	11,36
Muntele Mic	y 662 a	x 838 a	750+60	39,32
Munții Poiana Ruscă	x 749 a	y 572 b	660+23	17,58
$\bar{x} \pm s -$	727+35	754+30	740+22	
S%	28,61	24,12	25,67	

DL_{5%}=170 cm DL_{1%}=239 cm DL_{0,1%}=338 cm

-comparații pentru micorizare (x,y); -comparații între proveniențe (a,b).

4.4. ANALIZA CORELAȚIILOR DINTRE COMPONENTELE FIZIOLOGICE STUDIATE

Pe baza datelor prezentate în figura 4.1. se observă că între cei trei pigmenți asimilatori, respectiv *clorofila a*, *clorofila b* și *carotenoizi* există corelații pozitive și iasigurate statistic, ceea ce atestă faptul că în cazul unor schimbări ale condițiilor de mediu acești pigmenți se vor modifica în același sens. Conținutul de prolină a manifestat corelații negative cu cei trei pigmenți asimilatori, mai strâns față de *clorofila b* și *clorofila a*, ceea ce indică faptul că o creștere a nivelului acestor pigmenți este asociată cu o diminuare a nivelului de prolină.

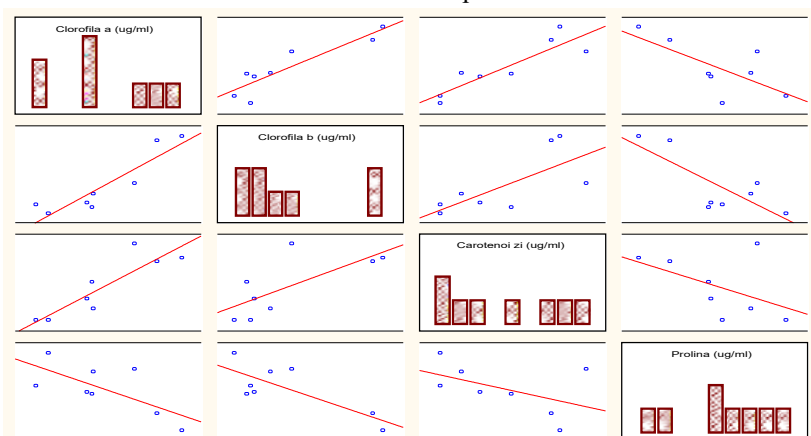


Fig. 4.1. Reprezentarea grafică a corelațiilor dintre pigmenții asimilatori și prolina liberă pentru molidul din Munții Bârgăului

Condițiile de secetă au determinat accelerarea biosintezelor de prolină liberă, aminoacid cu rol de protecție la factori de stres abiotic în cazul tuturor proveniențelor de molid (Miron și Șumălan 2015). Sinteza unor cantități importante de prolină liberă în aparatul foliar al plantelor supuse unor condiții de secetă redusă sau moderată, atestă o sensibilitate a

speciei/genotipului la factorul de stres. Presupunem că biosinteza prolinei bere se realizează în detrimentul sintezei de pigmenți clorofilieni și chiar cu biodegradarea acestora pe calea glutamatului.

III. CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Măsura în care au fost atinse obiectivele cercetării:

Obiectivele cercetării au fost de ordin general și specifice.

Obiectivul general al tezei de doctorat a fost acela de a studia efectele schimbărilor climatice asupra mecanismelor fiziologice de toleranță la secetă și supraîncălzire a puietilor de brad și molid de proveniențe diferite, în scopul identificării unor clone cu capacitate adaptativă ridicată la schimbările climatice. Prin complexul de activități realizate în cadrul cercetării s-a reușit îndeplinirea acestui obiectiv prin evidențierea schimbărilor climatice existente la nivel regional și studierea reacției puietilor de brad și molid la condițiile de secetă și caniculă induse, prin determinări și analize morfologice, biochimice și fiziologice.

Obiectivele specifice s-au referit la;

- evidențierea schimbărilor climatice din partea de vest a României, prin analiza datelor meteorologice înregistrate la Stația Meteorologică Timișoara (SMT) în intervalul 1961-2015 – obiectiv îndeplinit și prezentat în capitolul al 2-lea și prin publicarea lucrării științifice: LONG TERM ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE IN SOUTH-EAST EUROPE. CASE STUDY- WESTERN PART OF ROMANIA. AUTORI Sumalan, Radu-

Liviu; Miron, Marius-Sabin. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management; Sofia Vol. 3: 153-160. Sofia: Surveying Geology & Mining Ecology Management (SGEM). (2016) (ISI Proceeding)

- studierea răspunsului fiziologic al puietilor de brad (*Abies alba* Mill.) și molid (*Picea abies* (L.) Karst) la secetă și caniculă indusă,- obiectiv îndeplinit, iar rezultatele obținute sunt prezentate în capitolele al 3-lea , respectiv al 4-lea al tezei de doctorat și prinpublicarea lucrărilor științifice:

- **Miron M.S., Sumalan R. L.,** Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) seedlings to drought and overheating stress conditions. JOURNAL of Horticulture, Forestryand Biotechnology , Volume 19 (2), 146-151, 2015.

- **Miron M.S., Cristea V. Sumalan R. L.** Physiological Responses of European Silver Fir (*Abies alba* Mill.) Seedlings to Drought and Overheating Induced Stress Conditions. JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology, Volume 22 (2), 115-120, 2018 .

- evidențierea importanței provenienței puietilor și a originii altitudinale a acestora asupra însușirilor fiziologice de toleranță la secetă și caniculă, -obiectiv îndeplinit prin rezultatele obținute, care atestă importante diferențe de comportament între diferitele proveniențe de puieti studiați, (altitudini diferite, condiții pedoclimatice, proveniență pepinieră sau recoltați din masiv)

- contribuții privind rolul micorizării puietilor de brad și molid în creșterea toleranței acestora la schimbările climatice manifestate prin secetă și temperaturi atmosferice ridicate, -obiectiv îndeplinit. Rezultatele au arătat rolul important al micorizării în toleranța la secetă și caniculă datorită susținerii sintezelor de biomolecule funcționale, cu rol de protecție în detrimentul celor structurale (creșterii).

Direcțiile în care trebuie continuată cercetarea;

- evaluarea și a altor proveniențe de puieti de brad și molid din habitatele existente pe teritoriul României pentru identificare unor clone cu capacitate ridicată de toleranță la stres,

- determinări asupra capacității fotosintetice a plantelor în condiții de secetă și caniculă, știut fiind că fotosinteza este direct responsabilă de asigurarea producerii de biomasă lemnoasă,

- analize asupra emisiei de compuși organici volatili și studierea impactului atacului de dăunători și boli asupra puietilor, fiind cunoscut faptul că încălzirea climatică mărește numărul de generații de insecte/an și favorizează creșterea intensității atacului agenților patogeni.

Contribuțiile proprii ale autorului.

Cercetările efectuate sunt valoroase și inedite prin faptul că bardul și molidul reprezintă cele mai importante specii de conifere din țara noastră, atât din punct de vedere economic cât și ecologic, prin suprafețele importante pe care le ocupă la nivelul întregului fond forestier. Există destul de puține studii la nivel național, dar chiar și european, sau mondial, în care să fie abordată problema toleranței puietilor la schimbările climatice în mod comparativ la cele două specii, pe două categorii de factori de stres (secetă și caniculă) în condiții de micorizare și nemicorizare, la mai multe tipuri de proveniențe (altitudinal, puieti recoltați din masiv și puieti din pepiniere).

IV. ELEMENTE DE ORIGINALITATE

Pornind de la aspectele enunțate mai sus abordarea cercetării este originală și extrem de complexă, prin multitudinea de factori implicați și parametrii morfo-fiziologici urmăriți. Concluziile obținute prin prelucrarea și analiza datelor experimentale sunt partea cea mai importantă a contribuțiilor proprii, originale. În urma realizării cercetărilor din cadrul tezei de doctorat se pot desprinde câteva elemente de originalitate și anume:

- tehnica experimentală utilizată are caracter de noutate prin folosirea serelor cu condiții controlate pentru inducerea și menținerea factorilor de stres,
- puietii de brad și molid proveniți din Munții Bârgăului au manifestat cea mai mare capacitate adaptativă la factorii de stres impuși,
- puietii de brad și molid din pepiniere au o capacitate mai bună de a tolera stresul indus de secetă și caniculă, probabil datorită integrității sistemului radicular,
- tratarea rădăcinii puietilor cu micorize arbusculare de tip *Rhizophagus irregularis* determină o mai bună toleranță a acestora la schimbările climatice manifestate prin secetă și supraîncăzire.
- micorizarea a stimulat sinteza de bio-compuși funcționali (prolină liberă, clorofila a și b) în detrimentul biosintezelor de compuși structurali, cu rol în creșterea plantelor.
- Condițiile de stres accentuat au determinat reducerea cantității de pigmenți clorofilieni, sinteza de prolină liberă, iar la îndepărtarea stresului cantitatea de prolină s-a redus, iar cea de clorofile a revenit la valori normale. Presupunem existența unui mecanism concurențial de biosinteză prolină/clorofilă în condiții de stres, știut fiind că cele două molecule au un precursor comun, acidul glutamic.

S-au folosit 258 de referințe bibliografice.