

CZU: 582.632.2:581.4:581.1.036(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_06](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_06)

DEOSEBIRILE ÎNTRE PROVENIENȚELE ȘI ARBORII DE STEJAR PEDUNCULAT (*QUERCUS ROBUR*) DUPĂ DOZA LETALĂ (DL50) DE SCURGERE A ELECTROLIȚILOR

*Petru CUZA,**Universitatea de Stat din Moldova*

Studiul realizat în culturile de stejar pedunculat de proveniență diferită din Rezervația Științifică „Plaiul Fagului” a evaluat nivelul de scurgere a electroliților din frunze după aplicarea unui șoc termic letal (DL50). Rezultatele indică o variație fiziologică semnificativă în răspunsul arborilor la stresul termic. Analiza varianței a evidențiat diferențe semnificative între proveniențele de stejar pedunculat, indicând o rezistență mai sporită la șocul termic a descendenților arborilor de origini mai îndepărtate (Edineț și Baimaclia) față de cele din zona de centru (Plaiul Fagului și Hâncești), unde este instalat arboretul comun. Se poate presupune că există o variație semnificativă în răspunsul fiziologic al arborilor de proveniență diferită la stresul termic, iar descendenții proveniți din zonele mai îndepărtate au prezentat o reacție adaptivă mai accentuată decât cei din zonele mai apropiate de arboretul comun, care au condiții de mediu similare cu zona de cultivare. Rezultatele preliminare ale studiului sugerează că selecția celor mai buni arbori și proveniențe pentru împăduriri poate fi realizată în funcție de rezistența stejarilor la stresul termic. În plus, adaptarea arborilor la condițiile de mediu specifice poate fi îmbunătățită prin selecția acestor proveniențe, în special pentru împăduririle viitoare în contextul schimbărilor climatice.

Cuvinte-cheie: *Quercus robur*, frunze, șoc termic, doză letală, scurgerea electroliților, rezistență.

DIFFERENCES BETWEEN PROVENANCES AND PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) TREES AFTER THE LETHAL DOSE (LD50) OF ELECTROLYTE LEAKAGE

The study conducted on pedunculate oak cultures of different provenances from the „Plaiul Fagului” Scientific Reserve evaluated the level of electrolyte leakage from leaves after the application of a lethal heat shock (DL50). The results indicate a significant physiological variation in the response of trees to heat stress. Analysis of variance revealed significant differences between pedunculate oak provenances, indicating a greater resistance to heat shock in the descendants of trees from more distant origins (Edineț and Baimaclia) compared to those from the central area (Plaiul Fagului and Hâncești), where the common arboretum is installed. It can be assumed that there is a significant variation in the physiological response of trees from different provenances to thermal stress, and descendants from more distant areas have exhibited a more pronounced adaptive response than those from areas closer to the common arboretum, which have similar environmental conditions to the cultivation area. The preliminary results of the study suggest that the selection of the best trees and provenances for afforestation can be made based on the resistance of oak trees to heat stress. In addition, the adaptation of trees to specific environmental conditions can be improved through the selection of these provenances, especially for future afforestation in the context of climate change.

Keywords: *Quercus robur*, leaves, thermal shock, lethal dose, electrolyte leakage, resistance.

Introducere

Schimbările climatice determină creșterea temperaturii medii la suprafața Pământului, ceea ce poate fi un factor stresant pentru toate fazele de creștere și dezvoltare a plantelor, mai ales în zonele tropicale și subtropicale [1, 2]. Dintre stresurile abiotice, stresul termic este unul dintre factorii majori care perturbă performanța de creștere și vitalitatea plantelor. Fiecare specie de plante are propriile sale temperaturi maxime, minime și optime, cunoscute sub numele de temperaturi cardinale. Temperaturile sub sau peste aceste praguri pot provoca stres plantelor [3].

Temperaturile ridicate care depășesc optimul ecologic afectează trăsăturile morfologice, fiziologice,

biochimice și moleculare ale plantei, ceea ce duce în cele din urmă la o creștere și productivitate slabe [4]. Influența stresului termic este determinată specific de valoarea temperaturii (*factorul intensiv*) și durata de expoziție (*factorul extensiv*), precum și de specia de plante [5, 6].

Deși toate etapele dezvoltării plantelor pot fi afectate negativ de stresul termic, etapele reproductive sunt relativ mai sensibile decât cele vegetative [7, 8]. În fazele vegetative, stresul termic afectează negativ fotosinteza și dezvoltarea frunzelor, ducând la o producție mai scăzută de biomasă; în timp ce stresul în timpul stadiilor reproductive de dezvoltare poate duce la un număr mai mic de semințe și la o scădere a dimensiunii acestora, ceea ce duce la recolte scăzute [8, 9]. Diferite culturi și genotipuri ale lor variază în ceea ce privește sensibilitatea la căldură, răspunsul fiind în general specific de etapă și trăsătură, ceea ce poate dezvălui mecanisme legate de toleranța la căldură [8, 9].

Sensibilitatea plantelor la stresul termic variază în funcție de specie și genotip, pe parcursul desfășurării fazelor fenologice. Stresul termic afectează în primul rând stabilitatea membranelor plasmice, mai multe proteine și eficiența reacțiilor enzimice celulare, creând perturbări metabolice [10]. Diverse leziuni ale țesuturilor plantelor au fost observate sub acțiunea stresului termic, cum ar fi înroșirea frunzelor și ramurilor, cloroza și necroza frunzelor, ramurilor și tulpinilor, senescența și căderea frunzelor, inhibarea creșterii rădăcinilor și a tulpinilor, căderea florilor și a fructelor, care reduc în mod consecvent productivitatea plantelor [11]. În condiții de stres termic, arborii pot diminua sau chiar înceta creșterea, ceea ce duce la reducerea acumulării de masă lemnoasă. De asemenea, stresul termic înrăutățește structura lemnului, reducând calitatea și durabilitatea acestuia și, implicit, afectând valoarea economică a arboretelor [11]. Arborii stresați termic sunt mai vulnerabili la infestarea cu dăunători și boli, ceea ce poate agrava și mai mult impactul negativ asupra sănătății lor.

În acest studiu, s-a estimat influența dozei letale (DL50) asupra nivelului de scurgere a electroliților din țesuturile frunzelor la arborii și proveniențele de stejar pedunculat care cresc într-un arboret comun din Rezervația „Plaiul Fagului”. S-a arătat că există diferențe semnificative între nivelul de scurgere a electroliților la arbori, care depind de răspunsurile fiziologice ale acestora după aplicarea șocului termic. De asemenea, s-au observat deosebiri statistice semnificative între grupurile de arbori din proveniențele studiate, ceea ce sugerează existența unor caracteristici specifice de adaptare ale descendenților proveniți din zone cu condiții de mediu particulare.

Material și metode

În culturile comparative amplasate în Rezervația Științifică „Plaiul Fagului”, ce includ diferite proveniențe de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.), au fost selectați câte 10 arbori dominanți de origine ecologică distinctă. Din partea de sud și de jos a coroanelor fiecărui arbore au fost colectate ramuri cu frunze. Fiecare arbore și proveniență au fost reprezentați prin pachete separate de hârtie conținând frunzele recoltate, care au fost păstrate în condiții optime într-o cameră frigorifică pe durata transportului către laborator.

În laborator, frunzele de la fiecare proveniență și arbore au fost spălate cu apă distilată pentru a îndepărta electroliții exogeni de pe suprafața lor și apoi au fost lăsate să se zvânteze. Din partea apicală a frunzelor fiecărui arbore, s-au decupat cu ajutorul unei ștanțe porțiuni circulare de limb foliat cu diametrul de 9 mm. Pentru fiecare arbore, s-au pregătit câte trei eprubete, în fiecare dintre acestea turnându-se câte 3 ml de apă deionizată. Apoi, în fiecare eprubetă, au fost introduse câte șase porțiuni circulare de limb foliat. Eprubetele în care au fost imersate probele de frunze au fost trecute într-un ultratermostat cu apă (Universal ultrathermostat „UTU-4”, Ungaria) la temperatura de 59°C, timp de 10 minute. Doza respectivă a șocului termic este comparabilă cu cea care determină 50% de scurgere a electroliților din țesuturile frunzelor în raport cu proba martor [12]. Această doză este cunoscută și sub denumirea de doză letală, DL50 [13]. În studiile noastre au fost utilizate două probe martor. Prima probă martor a fost compusă din trei eprubete, fiecare conținând 6 porțiuni circulare de limb foliat, care au fost agitate timp de 2 ore la temperatura camerei, adică 25°C. Probele din cea de-a doua probă martor, cu același număr de eprubete și discuri foliate, au fost expuse la o temperatură de 100°C în decurs de 10 minute, ceea ce a dus la deteriorarea completă a țesuturilor de frunze.

După două ore de scurgere a electroliților pentru toate variantele (martor și experimentale), conductivitatea mediului apos a fost determinată cu ajutorul unui conductometru de tip N 5721 (Polonia). Impactul șocului termic asupra țesuturilor frunzelor a fost evaluat la arborii și proveniențele investigate prin compararea conductivității mediului apos din variantele experimentale cu cele ale probelor martor, utilizând doza letală DL50. A fost calculată scurgerea relativă (Sc. rel.) a electroliților din ecuația:

$$\text{Sc. rel.} = (\mu_{\text{DL50}} - \mu_{25}) / (\mu_{100} - \mu_{25})$$

în care: μ_{DL50} – conductibilitatea variantei experimentale (expusă șocului termic cu doza letală, DL50), în mS/m; μ_{25} – conductibilitatea variantei martor (eprubete cu segmentele frunzelor incubate la temperatura camerei), în mS/m; μ_{100} – conductibilitatea totală (măsurată după incubarea finală la 100°C), în mS/m.

Rezultate și discuții

Datele prezentate în figura 1 includ valorile minime, maxime, ale primei și a treia cuartilă, precum și valoarea medianei și a mediei în distribuția datelor referitoare la scurgerea relativă a electroliților. Analizând datele privind scurgerea relativă a electroliților din frunzele stejarilor în diferite proveniențe, observăm o variație semnificativă a valorilor. În cadrul provenienței Edineț, valoarea minimă înregistrată este de 0,27 mS/m (arborele nr. 5), în timp ce valoarea maximă este de 0,58 mS/m (arborele nr. 4). În cazul dat, amplitudinea de variație este de 0,31 mS/m. Aceasta indică o diferență semnificativă între valorile extreme ale scurgerii electroliților în frunzele stejarilor din proveniența Edineț. Deoarece țesuturile frunzelor arborelui nr. 5 rețin suficient de bine electroliții, se poate deduce că acesta are o termotoleranță ridicată, ceea ce îl diferențiază de arborii din celelalte proveniențe analizate în ceea ce privește această caracteristică.

În interiorul provenienței Hârgauca, s-a înregistrat valoarea maximă a scurgerii relative a electroliților din frunzele arborelui nr. 6, și anume 0,74 mS/m. Această valoare sugerează că arborele respectiv prezintă o rezistență foarte scăzută la acțiunea dozei termice. Stejarii proveniți din Hârgauca prezintă o amplitudine de variație sporită a scurgerii electroliților din frunze, de 0,38 mS/m, cu o valoare maximă în comparație cu celelalte proveniențe analizate. În schimb, proveniența Zloți se caracterizează printr-o amplitudine de variație scăzută a acestui parametru, de doar 0,22 mS/m, având o valoare minimă (figura 1).

Se observă o variație semnificativă a nivelului de scurgere a electroliților din frunzele arborilor proveniți din diferite surse, care poate fi atribuită atât diferențelor genetice individuale dintre arbori, cât și altor factori de mediu. Deoarece nivelul de scurgere a electroliților este asociat cu gradul de vătămare a structurilor celulare ale țesuturilor frunzelor arborilor, se poate deduce că aceștia prezintă o rezistență diferită la acțiunea temperaturilor ridicate.

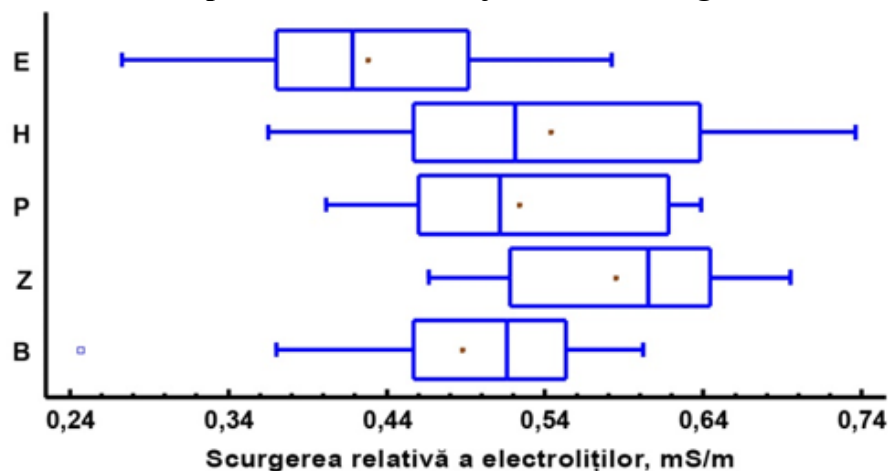
Prin aplicarea procedurii statistice a „casetelor cu mustăți” s-a putut determina că în interiorul provenienței Edineț, Hârjauca, Plaiul Fagului, Zloți și Baimaclia, la 75% dintre arbori scurgerea relativă a electroliților din frunze a fost mai mare decât anumite valori. Astfel, valorile primei cuartile (Q_1) au fost de 0,36 mS/m pentru proveniența Edineț, 0,45 mS/m pentru Hârjauca, 0,46 mS/m pentru Plaiul Fagului, 0,50 mS/m pentru Zloți și 0,41 mS/m pentru Baimaclia (figura 1).

Din cele expuse mai sus reiese că analiza diagramei „casetelor cu mustăți” poate oferi informații importante despre distribuția și variația datelor în cadrul fiecărei proveniențe, permițând astfel evaluarea și compararea caracteristicilor specifice ale arborilor proveniți din diferite zone ecologice ale Republicii Moldova.

În figura 1 sunt prezentate valorile medii ale scurgerii relative a electroliților pentru grupuri de arbori de proveniență diferită. Aceste valori au fost obținute prin aplicarea unui șoc termic cu o doză comparabilă cu cea care a crescut rata de scurgere a electroliților cu 50% în comparație cu varianta martor, sau cu alte cuvinte, doza care determină 50% de letalitate (LD50). Această măsură este utilizată pentru a evalua gradul de rezistență al plantelor la factorii de stres, inclusiv stresul termic, astfel încât să se poată determina nivelul de toleranță al plantelor la acești factori. În cazul nostru, doza letală (LD50) a determinat niveluri diferite de scurgere a electroliților din structurile celulare ale frunzelor. Pentru proveniențele studiate, aceste valori sunt: Edineț – 0,43 mS/m, Hârjauca – 0,54 mS/m, Plaiul Fagului – 0,52 mS/m, Zloți – 0,58 mS/m, Baimaclia – 0,49 mS/m. Comparând aceste niveluri de scurgere a electroliților cu valorile corespunzătoare ale primei cuartile, se observă o variație în similaritatea datelor. Valorile obținute arată

că în funcție de nivelul de scurgere a electroliților, proveniențele analizate se pot grupa astfel: Edineț și Baimaclia cu o rezistență puțin mai ridicată, Hârjauca și Plaiul Fagului cu o rezistență medie, iar Zloți cu o rezistență ușor mai scăzută la acțiunea la șocul termic.

Figura 1. Analiza variabilității nivelului de scurgere a electroliților din frunzele arborilor de stejar pedunculat în diferite proveniențe după aplicarea unui șoc termic la temperatura de 59°C în decurs de 10 minute prin intermediul procedurii „casetelor cu mustăți”. În interiorul „casetelor” valoarea medianei pentru fiecare proveniență este reprezentată de o linie continuă de culoare albastră, iar valoarea medie a acestora este redată prin semnul „+”. Simbolurile E, H, P, Z, B reprezintă denumirea prescurtată a proveniențelor respective: Edineț, Hârjauca, Plaiul Fagului, Zloți, Baimaclia.



După cum se observă, proveniențele arborilor din Edineț, cel mai nordic punct, și Baimaclia, cel mai sudic punct, prezintă o rezistență ușor mai ridicată la stresul termic în comparație cu alte proveniențe. În schimb, proveniența locală și cea din Hârjauca, ale căror arbori de origine cresc în apropierea arboretului comun, au prezentat o rezistență puțin mai scăzută decât cele menționate anterior. Există mai multe explicații posibile pentru această diferență, însă nu putem face o presupunere precisă. Este adevărat că plantele pot dezvolta mecanisme de protecție împotriva stresului, însă acestea pot fi influențate de o varietate de factori, inclusiv genetică, condiții de mediu, istoric evolutiv și multe altele. Prin urmare, rezultatele obținute sugerează că reacția fiziologică la stresul termic este mai accentuată la proveniențele din zone mai îndepărtate în comparație cu cele din zona de centru, unde condițiile de mediu sunt mai similare cu cele ale locului de cultivare. Astfel, condițiile de mediu improprii pentru arborii proveniți din zone „străine” determină apariția unor răspunsuri genetice necesare pentru adaptarea treptată a descendenților de origine alocală la noile condiții de mediu, manifestată prin reducerea cantității de electroliți eliberați din frunze la stejarii de proveniență alocală, în comparație cu cei locali. Deoarece acest studiu este considerat preliminar, cercetările vor fi extinse în acest an pentru a obține date mai concludente și a trage concluzii științifice autentice.

Analiza varianței a fost utilizată pentru a evalua semnificația diferențelor în scurgerea relativă a electroliților între grupurile de arbori ale proveniențelor investigate. Aceasta descompune varianța scurgerii relative a electroliților în două componente: una între proveniențe și cealaltă între arborii din interiorul proveniențelor. Testul Fisher (F) calculat are valoarea de 3,78, reprezentând raportul dintre varianța între proveniențe și varianța între arborii din interiorul proveniențelor. Valoarea P a testului F este mai mică decât 0,05, indicând o diferență semnificativă statistic între valorile medii ale celor cinci proveniențe, la un nivel de încredere de 95% (conform tabelului 1).

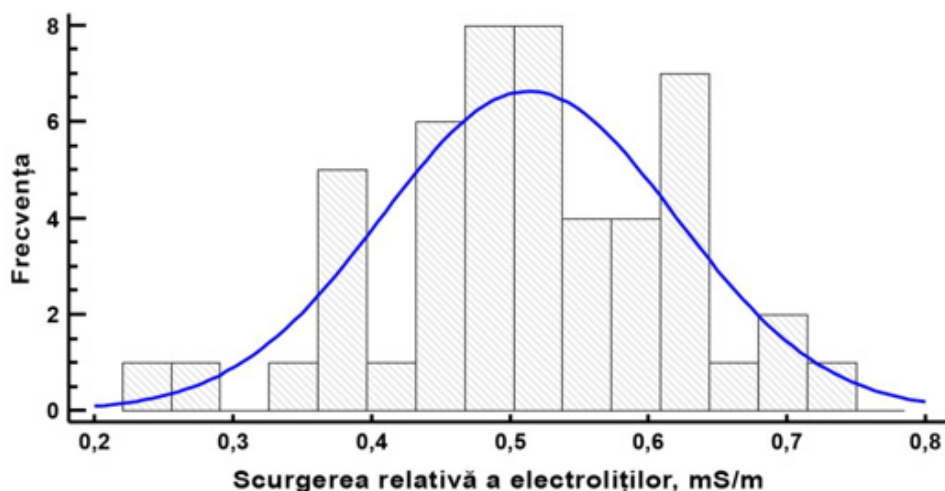
În figura 2 sunt prezentate datele privind distribuția a 50 de arbori de stejar pedunculat (din cele 5 proveniențe) după scurgerea relativă a electroliților din țesuturile frunzelor, expuse la temperatura letală de DL50. Histograma acoperă un interval de valori cuprins între 0,25 și 0,74 mS/m, împărțit în 15 sub-intervale de aceeași dimensiune, pentru a facilita vizualizarea frecvențelor. Se observă că frecvența cea mai mare o au arborii cărora le este specifică o scurgere de electroliți apropiată de 0,5 mS/m. În partea

dreaptă și stângă a axei X, odată cu mărirea sau micșorarea intervalelor de valori, frecvența arborilor cu această trăsătură analizată scade. Valorile extreme din setul de date au o frecvență scăzută, existând două observații în intervalul de valori de 0,2-0,3 mS/m și doar o singură observație în intervalul de valori de 0,7-0,8 mS/m. Repartiția datelor între plus și minus variante a determinat un număr de observații de 23:27, ceea ce indică că numărul de stejari cu un nivel scăzut și ridicat de scurgere relativă a electroliților din țesuturile frunzelor se deosebește întrucâtva. În intervalul de valori 0,62-0,66 mS/m este evident un număr de 7 observații, indicând la acești arbori un nivel înalt de scurgere relativă a electroliților și creând o neuniformitate în distribuția datelor pe histograma analizată.

Tabelul 1. Analiza varianței privind deosebirile dintre proveniențele de stejar pedunculat după scurgerea relativă a electroliților din frunze.

Sursa de variație	Suma pătratelor abaterilor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Raportul F_t	Valoarea P
Între proveniențe	0,140	4	0,035	3,78	0,0098
În interiorul proveniențelor	0,415	45	0,009		
Total	0,555	49			

Figura 2. Histograma distribuției frecvenței la arborii de stejar pedunculat după aplicarea șocului termic cu doza letală DL50.



Prin compararea distribuției experimentale, ilustrată prin intermediul histografei din figura 2, cu frecvențele teoretice (reprezentate prin curba albastră din figura 2), referitoare la scurgerea relativă a electroliților din țesuturile frunzelor, în conformitate cu testul Kolmogorov-Smirnov, putem observa o apropiere semnificativă a frecvențelor din punct de vedere statistic. Mai exact, valoarea P obținută în acest caz este mare, sugerând faptul că nu există suficiente dovezi care să ne determine să respingem ipoteza conform căreia distribuția este normală. În aceste condiții, nu putem infirma ipoteza că arborii studiați se încadrează într-o distribuție normală, cu un nivel de încredere de 95%, deoarece valoarea $P = 0,759$ este mai mare decât pragul de semnificație de 0,05.

Studiul nostru privind variabilitatea fiziologică a stejarului pedunculat în interiorul a cinci proveniențe diferite a arătat că acesta prezintă o variație semnificativă în ceea ce privește concentrația de electroliți eliberați din frunze după expunerea la o doză letală DL50. Această variație sugerează o posibilitate de selecție a exemplarelor cu niveluri scăzute de scurgere a electroliților, care pot fi utilizați pentru a spori capacitatea de adaptare a pădurilor la schimbările climatice specifice fiecărei zone geografice. În urma selecției, materialele forestiere de reproducere pot fi obținute de la arborii identificați ca fiind rezistenți la temperaturi ridicate, ceea ce poate contribui la îmbunătățirea capacității de adaptare a pădurilor la

condițiile climatice extreme dintr-o anumită zonă. Rezultatele noastre sugerează că această abordare ar putea fi benefică pentru împăduririle viitoare în diferite regiuni geografice, oferind astfel posibilitatea de a proteja și conserva ecosistemele forestiere în fața schimbărilor climatice în curs.

Concluzii

1. Evaluarea nivelului de scurgere a electroliților din frunzele arborilor de stejar pedunculat după aplicarea șocului termic cu doza letală LD50 a arătat o variație fiziologică semnificativă după acest parametru în diferite proveniențe. În contextul schimbării climatice, selecția arborilor cu o rezistență ridicată poate fi sugestivă pentru împăduririle viitoare.

2. Analiza varianței a evidențiat diferențe semnificative între proveniențele de stejar pedunculat în ceea ce privește nivelul de scurgere a electroliților din frunze după aplicarea șocului termic DL50. Aceste diferențe sugerează că descendenții proveniți din zone mai îndepărtate au un răspuns genetic diferit și inducerea unui proces de adaptare mai pronunțat la noile condiții de mediu, comparativ cu cei din zone similare.

3. Se observă o ușoară diferență de rezistență la stresul termic între proveniențele din zonele mai îndepărtate (Edineț și Baimaclia) și cele din zona de centru (Plaiul Fagului și Hârjauca), măsurată prin aplicarea șocului termic DL50. Această diferență poate fi influențată de mecanismele de protecție ale arboretului, precum și de factori genetici, condiții de mediu și istoricul evolutiv. Se presupune că descendenții proveniențelor din zonele „străine” dezvoltă mecanisme de protecție mai accentuate împotriva stresului termic decât cei din zonele mai apropiate de arboretul comun, care beneficiază de condiții de mediu similare cu zona de cultivare.

4. Rezultatele preliminare sugerează importanța continuării cercetărilor în acest domeniu, în vederea unei mai bune înțelegeri a mecanismelor implicate în răspunsul diferitelor proveniențe ale stejarului pedunculat la acțiunea stresului termic și pentru a selecta cele mai potrivite proveniențe pentru împăduriri în contextul schimbărilor climatice.

Referințe:

- KAUSHAL, N., AWASTHI, R., GUPTA, K., GAUR, P., SIDDIQUE, K. H. M., NAYYAR, H., AHMAD, P. *Heat stress induced variations in photosynthetic pigments, protein content, and antioxidants in different varieties of mustard (Brassica juncea L.)*. In: *Journal of Plant Growth Regulation*, 2016, vol. 35(4), p. 1060-1073.
- LI, Y., WANG, Y., WEI, J., QIN, X., HOU, L. *Heat stress in maize production: Agronomic strategies and physiological mechanisms for tolerance*. In: *Front. Plant Sci.*, 2018, vol. 9, p. 72.
- WAHID, A., GELANI, S., ASHRAF, M., FOOLAD, MR. *Heat tolerance in plants: An overview*. In: *Environ Exp Bot.*, 2007, vol. 61(3), p. 199-223.
- HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., ALAM, M. M., ROYCHOWDHURY, R., FUJITA, M. *Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants*. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, vol. 14(5), p. 9643-9684.
- LEVITT, J. *Responses of plant to environmental stresses*. Acad. Press: New York, 1980, vol. I, 568 p.
- DASCALIUC, AL., CUZA, P. *Specificul adaptării frunzelor stejarului pedunculat (Quercus robur L.) la șocul termic în funcție de valoarea temperaturii și durata de acțiune*. În: *Mediul ambiant*, 2008, vol. 3(39), p. 34-37.
- PRASAD, P. V. V., PISIPATI, S. R., MUTAVA, R. N., TUINSTRA, M. R., REDDY, V. R. *Impact of nighttime temperature on physiology and growth of spring wheat*. In: *Crop Science*, 2008, vol. 48(6), p. 2372-2380.
- PRASAD, P. V. V., DJANAGUIRAMAN, M., PERUMAL, R., CIAMPITTI, I. A. *Impact of high temperature stress on floret fertility and individual grain weight of grain sorghum: Sensitive periods, thresholds and genetic variability*. In: *Front. Plant Sci.*, 2017, vol. 8, p. 1230.
- BITA, C. E., GERATS, T. *Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops*. In: *Front. Plant Sci.*, 2013, vol. 4, p. 273.
- XU, S., LI J, ZHANG, X, WEI, H, CUI, L, ZHANG, Z, LI C. *Proteomic analysis reveals proteins involved in seed imbibition under salt stress in rice*. In: *Plant Soil*, 2006, vol. 283, p. 179-187.

11. VOLLENWEIDER, P., GÜNTHARDT-GOERG, M. S. *Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage*. In: *Environmental Pollution*, 2005, vol. 137(3), p. 455-465.
12. CUZA, P. *Aprecierea termotoleranței frunzelor speciilor spontane de stejar din nordul și centrul Republicii Moldova*. În: *Revista botanică*, 2021, vol. 18(2), p. 5-12.
13. ROSLIM, I.D., FIATIN, H., FIATIN, I. *Lethal dose 50 (LD50) of mungbean (Vigna radiata L. Wilczek) cultivar kampar*. In: *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 2015, vol. 47(4), p. 510-516.

Date despre autor:

Petru CUZA, profesor universitar, Departamentul de Geoștiințe și Silvicultură, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: petrucuza@mail.ru

Tel.: 067115375

ORCID: 0000-0003-0192-4427

Prezentat la 23.04.2023