

CZU: 582.632.2:581.19:581.32

## APRECIEREA PROCESELOR ANTIOXIDANTE ÎN EXTRACTELE DIN MUGURII SPECIILOR SPONTANE DE STEJAR ÎN FUNCȚIE DE ANOTIMP ȘI CONDIȚIILE STAȚIONALE

*Alexandru DASCALIUC, Petru CUZA\**

*Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor,  
\*Universitatea de Stat din Moldova*

A fost determinată activitatea sumară a oxidazelor, catalazelor și a substanțelor antioxidante în extractele din mugurii prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara de la arborii de stejar pedunculat (*Quercus robur*), de gorun (*Q. petraea*) și de stejar pufos (*Q. pubescens*) care cresc în apropiere nemijlocită pe teritoriul Ocolului silvic Zloți, precum și din mugurii arborilor de stejar pufos din alte ocoale silvice din sudul Republicii Moldova. În perioada de iarnă, activitatea antioxidantă în extractele din mugurii apicali și laterali ai stejarului pufos și ai gorunului a consemnat că la aceste specii procesele metabolice sunt mai deplasate de echilibrul biodinamic, în comparație cu cele ce se desfășoară în mugurii stejarului pedunculat. Acest fapt demonstrează că stejarul pufos și gorunul sunt mai puțin rezistenți la condițiile de iarnă, în comparație cu stejarul pedunculat, care este o specie mai bine adaptată la ger. Primăvara, în extractele din mugurii stejarului pufos se manifestă tendința de sporire a capacității sumare de utilizare a oxigenului datorită potențialului reductiv înalt al substanțelor fenolice și activității oxidazelor de-a lungul gradientului temperaturilor pozitive nord-sud, în corespundere cu amplasarea teritorială a ocoalelor silvice. O tendință opusă a fost evidentă în activitatea sumară de eliminare a oxigenului datorită activității catalazelor, care sporește mai timpuriu în extractele din mugurii arborilor situați în partea de sud a țării. Reiese că procesele de eliminare a dormitanței mugurilor stejarului pufos în perioada de trecere de la anotimpul de iarnă către cel de primăvară sunt asociate de sporirea consecutivă a activității sumare a catalazelor și doar ulterior a activității oxidazelor și substanțelor antioxidante din muguri.

**Cuvinte-cheie:** *Quercus robur, Q. petraea, Q. pubescens, oxidaze, catalaze, substanțe antioxidante, activitate, anotimp, condiții staționale.*

### APPRECIATION OF THE ANTIOXIDANT PROCESSES OF EXTRACTS FROM BUDS OF SPONTANEOUS OAK SPECIES ACCORDING TO SEASON AND FLORISTRIES LOCATION

The summary activity of oxidases, catalases and antioxidant substances in extracts from buds taken for analysis in autumn, winter and spring from pedunculate oak (*Quercus robur*), sessile oak (*Q. petraea*) and pubescent oak (*Q. pubescens*) trees, which grow in the immediate vicinity of the Zloti forest, as well as of the buds of pubescent oak of the trees from other Floristries in the South of Republic Moldova was determined. In winter, the antioxidant activity in the apical and lateral buds of the pubescent oak and of the sessile oak trees noted that the metabolic processes in the buds of the mentioned species are displaced from the biodynamic equilibrium compared to those carried out in the pedunculate oak buds. This proves that pubescent and sessile oak are less resistant to winter conditions compared to pedunculate oak, which is a species better adapted to frost. In spring, in extracts from the buds of pubescent oak there is a tendency to increase the overall oxygen utilization capacity due to the high reductive potential of phenolic substances and oxidases activity along the north-south positive temperatures gradient, in line with the territorial location of the Floristries. An opposite trend was evident in the overall oxygen elimination activity due to catalases activity, which increases earlier in extracts from buds of trees located in the southern part of the country. It turns out that the processes of eliminating the pubescent oak buds dormancy during transition from the winter to spring season are associated with the consecutive increase in the catalases and only after that the activity of the oxidases and of the antioxidant substances from the buds are manifested.

**Keywords:** *Quercus robur, Q. petraea, Q. pubescens, oxidases, catalases, antioxidant substances, activity, season, Floristries conditions.*

### Introducere

Dormitarea este o caracteristică importantă în dezvoltarea arborilor din zona temperată, a căror supraviețuire depinde de capacitatea de a încetini și de a relua creșterea în funcție de variația sezonieră a factorilor de mediu. De fapt, ea nu este o stare a arborelui determinată de încetinirea continuă și nerepetată a creșterii, însă, după cum consideră Lang et al. [1], starea de dormitare este o tranziție treptată la stări intermediare, cum sunt

*paradormitarea, endodormitarea și ecodormitarea*. Stările fiziologice intermediare ale plantelor se manifestă respectiv prin: 1) inhibarea creșterii mugurilor determinată de procesele din țesuturile plantelor din afara mugurului; 2) inhibarea creșterii determinată de procesele din interiorul mugurului și 3) inhibarea creșterii controlată de condițiile mediului [2]. Pentru majoritatea speciilor foioase din zona temperată starea de dormitare este indusă cu precădere de către fotoperioada scurtă la sfârșitul verii și toamna (*paradormitarea*) [3,4], în timp ce *endodormitarea* este declanșată, în principal, de scăderea temperaturilor iarna [5-7]. Răcirea insuficientă în timpul iernii calde determină extinderea și scăderea lentă a fazei de *endodormitare* [5,8].

Influența scăderii temperaturii este specifică pentru diferite genotipuri. Fiecare specie și chiar ecotip din interiorul acesteia poate să difere în funcție de cerințele față de răcire [9,10]. După întreruperea *endodormitării* plantele intră în starea de *ecodormitare*, în mod specific devenind receptive la temperaturile ridicate ale primăverii datorită intensificării metabolismului și activării treptate a creșterii. Cerințele privind suma de căldură (temperaturile cumulate  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ) necesară pentru a înlătura *ecodormitarea* variază de la o specie la alta. Există o interacțiune negativă între nivelul de răcire și suma de căldură necesară pentru desfacerea mugurilor. În alți termeni, dacă se răcește mai tare, atunci este nevoie de mai puțină căldură pentru *dez mugurire* [11,12]. Pe lângă temperatură, fotoperioada joacă, de asemenea, un rol important în procesul de ieșire din dormitare, în special la latitudini mai mari, unde pentru desfacerea mugurilor este necesară o fotoperioadă mai lungă. Creșterea fotoperioadei accelerează întreruperea mai timpurie a dormitării mugurilor, ea fiind marcată la o sumă mai mică a temperaturilor pozitive [13]. Astfel, dezvoltarea mugurilor arborilor este controlată de o îmbinare de factori: temperatură și fotoperioadă. *Dezmugurirea* în condițiile unor temperaturi joase primăvara târzie are loc datorită fotoperioadei lungi, iar desfacerea mugurilor primăvara timpurie se declanșează ca urmare a temperaturilor ridicate.

În articolul de față a fost determinată activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali și laterali ai stejarului pedunculat (*Quercus robur*), ai gorunului (*Q. petraea*) și ai stejarului pufos (*Q. pubescens*) în funcție de anotimp, precum și în funcție de specificul condițiilor staționale pentru stejarul pufos.

### Material și metode

A fost efectuată analiza biochimică a mugurilor apicali și laterali colectați toamna (25.10.2012), iarna (29.01.2013) și primăvara (11.04.2013) prelevați de la arborii de stejar pedunculat, de stejar pufos și de gorun, care cresc în apropiere nemijlocită pe teritoriul Ocolului silvic Zloți. De asemenea, au fost supuși analizei mugurii apicali și laterali prelevați primăvara de la arborii stejarului pufos care cresc în teritorii cu condiții staționale diferite ale ocoalelor silvice Nisporeni, Cărpineni, Zloți, Talmază, Băiuș și Baimaclia. După fărâmițarea la rece în mortar de porțelan a 0,1g de muguri, materialul fărâmițat a fost incubat timp de 30 de minute, la temperatura  $25^{\circ}\text{C}$ , în 2 ml de soluție-tampon care conținea 0,2 M Tris, pH 7. Ulterior, extractul a fost centrifugat pe parcursul a 15 minute la 4000 g. Supernatantul a fost separat și trecut printr-o minicoloană de Sephadex G25, substanțele din supernatant fiind separate în două fracții: cu masă moleculară mare (fracția 1) și cu masă moleculară mică (fracția 2).

Pentru a determina capacitatea sumară a fracțiilor 1 și 2 de a reduce conținutul oxigenului liber, datorită potențialului de reducere directă de către substanțele antioxidante din fracția 2, precum și pentru a determina activitatea enzimatică din fracția 1, la 1,56 ml de soluție-tampon menționată mai sus s-au adăugat 40  $\mu\text{l}$  de substanțe din fracția 1 sau 2, urmată de incubare la  $25^{\circ}\text{C}$ . În toate experimentele a fost determinată, cu ajutorul oximetrului YSI (SUA), dinamica diminuării conținutului de oxigen în soluțiile experimentale în comparație cu cea din soluția martor (ea conținea doar 1,6 ml de soluție tampon). La 15-30 de minute de la inițierea incubării la temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  conținutul oxigenului în soluție atinge faza staționară, atunci când procentul de oxigen utilizat devenea egal cu cel ce penetra în soluție prin procesul de difuzie. Diferența dintre procentul de oxigen în soluția martor (fără extract) și cea experimentală (cu extract) era determinată de capacitatea substanțelor antioxidante din fracția 2 și a oxidazelor din fracția 1 de a lega oxigenul. Astfel, activitatea substanțelor antioxidative și a oxidazelor determina diminuarea conținutului de oxigen în soluție la faza staționară în comparație cu cea în varianta martor.

Pentru a determina activitatea catalazelor din fracția 1, dinamica conținutului de oxigen a fost determinată după adăugarea la 1,56 ml de soluție-tampon menționată a 60  $\mu\text{l}$  de 0,05%  $\text{H}_2\text{O}_2$  și a 40  $\mu\text{l}$  de soluție din fracția 2, urmată de incubare la temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . Dinamica schimbării conținutului de oxigen a fost influențată de activitatea de eliminare a oxigenului în urma degradării peroxidului de hidrogen de către catalaze, precum și de activitatea de legare a oxigenului de către oxidaze. Rezultatul sumar al proceselor mențio-

nate au fost apreciate în baza procentului de oxigen în soluție la faza staționară. După cum s-a menționat, în experimentele noastre faza staționară era atinsă la 15-30 de minute de la începutul incubării componentelor de reacție în soluția-tampon. În așa fel a fost determinată în mod separat capacitatea antioxidantă a substanțelor din fracția 1 (1), activitatea oxidazelor din fracția 2 (2) și rezultanta activității concomitente a oxidazelor și catalazelor din fracția 2 (3).

### Rezultate și discuții

În secolul al XXI-lea anomaliile climatice au devenit tot mai frecvente, astfel încât diversele manifestări ale acestora, cum ar fi perioadele mai îndelungate de secetă, variațiile precipitațiilor și intensitatea ploii, înghețurile târzii de primăvară etc., aduc pagube majore domeniilor din spațiul rural – agriculturii și silviculturii [14]. Mai primejdioase pentru plante și în special pentru speciile de stejar, care au servit în calitate de obiect de studiu, sunt perioadele de trecere de la un anotimp la altul. Adaptarea fiziologică și biochimică a speciilor de stejar, care determină supraviețuirea în condițiile temperaturilor excesive ale perioadelor de trecere de la un anotimp la altul al anului, depinde de procesele de oxidare și reducere care decurg în țesuturile plantelor și în muguri.

În Tabelul 1 sunt incluse datele referitoare la valorile relative ale activității de legare a oxigenului de către substanțele antioxidante din fracția 2 ale extractelor din mugurii apicali și laterali. Activitatea acestor substanțe a fost estimată ca urmare a determinării diferenței dintre procentul de oxigen în soluții caracteristic pentru variantele experimentale și pentru soluția-martor (fără includerea fracției 2 a extractului). Datele prezentate în tabel demonstrează că extractele din mugurii arborilor speciilor de stejar manifestă capacitatea de a diminua semnificativ conținutul oxigenului în soluție. Fenomenul respectiv se produce cu o intensitate mai ridicată în extractele din mugurii prelevați pentru analiză în condițiile *in vitro* toamna și primăvara. Dintre speciile analizate doar la stejarul pufos nivelul de legare a oxigenului de către substanțele antioxidante este comparabil în extractele din mugurii prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara.

De subliniat este faptul că, în funcție de anotimp, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali și din cei laterali ai arborilor speciilor de stejar analizate denotă manifestarea unor legități diferite. Așadar, primăvara, la speciile de stejar activitatea antioxidantă în extractele din mugurii laterali manifesta tendința de a fi mai ridicată decât cea din mugurii apicali. Totodată, în extractele din mugurii laterali ai stejarului pufos activitatea antioxidantă s-a menținut mai înaltă, în comparație cu cea din mugurii apicali în probele prelevate toamna, iarna și primăvara. De menționat că primăvara la gorun activitatea de reducere a oxigenului din extracte consemnează tendința de a fi mai ridicată, în comparație cu cea specifică stejarului pedunculat și stejarului pufos, atât în extractele din mugurii laterali, cât și din cei apicali. De asemenea, primăvara, în comparație cu alte anotimpuri, activitatea antioxidantă în extractele din mugurii arborilor de gorun s-a mărit semnificativ (de două ori), tendință care nu a fost evidentă la alte specii de stejar luate în studiu. În anotimpul de iarnă, însă, activitatea antioxidantă în extractele din mugurii apicali ai gorunului a fost mai coborâtă decât la cele două specii de stejar introduse în experiment. De regulă, la toate speciile de stejar incluse în cercetare activitatea substanțelor antioxidante în extractele din mugurii laterali a fost mai ridicată, în comparație cu cea în extractele din mugurii apicali. Diferențele dintre activitatea antioxidantă a substanțelor cu masă moleculară mică extrase din mugurii apicali și din cei laterali sunt statistic semnificative doar pentru variantele marcate cu steluță (Tab.1).

În ansamblu, datele obținute demonstrează că substanțele antioxidante cu masă moleculară mică joacă un rol important în reglajul transformărilor *speciilor reactive ale oxigenului* care se formează în mugurii diferitelor specii de stejar. În primul rând, toamna, la gorun se manifestă o depășire semnificativă a activității substanțelor antioxidante în mugurii apicali în comparație cu cea din mugurii laterali. Anume la specia respectivă toamna activitatea catalazei este mai înaltă [15], fapt ce sugerează despre activitatea ridicată a proceselor metabolice, dar și despre implicarea catalazei și a substanțelor antioxidante în anihilarea *speciilor reactive ale oxigenului* care se formează datorită activității înalte a metabolismului. De menționat este faptul că la stejarul pufos activitatea substanțelor antioxidante în extractele din mugurii apicali este mai joasă (semnificativ mai scăzută iarna și primăvara, Tab.1), în comparație cu cea din mugurii laterali, legitate opusă, dacă luăm în considerare activitatea catalazei în extractele din mugurii acestei specii (în toate cele trei probe în extractele din mugurii apicali activitatea catalazei este mai înaltă, în comparație cu cea din mugurii laterali). Astfel, raportul implicării diferitor mecanisme de anihilare a *speciilor reactive ale oxigenului* la stejarul pufos este diferit, în comparație cu cele caracteristice pentru gorun și stejarul pedunculat. Datele menționate sugerează că activitatea substanțelor antioxidante din muguri fluctuează și manifestă efecte sumare ale proceselor de oxidare și reducere în funcție de activitatea metabolică și de starea fiziologică a mugurilor.

Tabelul 1

Activitatea antioxidantă a substanțelor cu masa moleculară mică (fracția 2) în extractele din mugurii apicali și laterali ai stejarului pedunculat, ai gorunului și ai stejarului pufos, prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara

Varianta	Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția conținând fracția 2 (substanțe cu masa moleculară mică)		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
<b>Stejar pedunculat (<i>Quercus robur</i>)</b>			
Mugurii apicali	6,300 ± 1,411	4,225 ± 0,777	4,100 ± 0,500
Mugurii laterali	7,600 ± 0,252	3,967 ± 0,929	4,200 ± 0,586
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-1,300 ± 1,159	0,258 ± 1,152	-0,100 ± 0,086
<b>Gorun (<i>Quercus petraea</i>)</b>			
Mugurii apicali	4,333 ± 0,058*	2,467 ± 1,617	5,700 ± 3,061
Mugurii laterali	1,900 ± 1,039	2,667 ± 1,266	6,600 ± 2,265
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	2,433 ± 0,981	-0,200 ± 0,351	-0,900 ± 0,796
<b>Stejar pufos (<i>Quercus pubescens</i>)</b>			
Mugurii apicali	2,533 ± 0,751	2,467 ± 0,153	2,633 ± 0,473
Mugurii laterali	3,733 ± 0,751	4,000 ± 0,643*	5,567 ± 2,219*
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-1,200 ± 0,000	-1,533 ± 0,490	-2,934 ± 1,746

Notă: Cu steluță sunt marcate extractele a căror activitate antioxidantă o depășește semnificativ pe cea din mugurii alternativi (apicali sau laterali).

Datele incluse în Tabelul 1 oferă posibilitatea să conchidem că în perioadele critice de trecere de la starea de vegetație toamna la cea de repaus profund iarna și de ieșire din starea de dormitare către perioada de primăvara, instalarea echilibrului biodinamic [16,17] se evidențiază pregnant ca urmare a diferențelor surprinse în activitatea substanțelor antioxidante care se desfășoară în mugurii apicali și în cei laterali. Cu cât valorile negative ale acestui parametru sunt mai pronunțate, cu atât mai departe de echilibrul biodinamic se află procesele din mugurii speciilor de stejar. Toamna, procesele de inițiere a dormitării și denaturare a echilibrului biodinamic au fost consemnate la stejarul pufos și la stejarul pedunculat, iar la gorun fenomenul abordat încă nu s-a inițiat. Doar la gorun valoarea parametrului respectiv s-a menținut pozitivă. În perioada de iarnă substanțele antioxidante se „cheltuiesc” pentru detoxificarea speciilor reactive ale oxigenului, care apar în perioadele cu ger. Iarna, la gorun și la stejarul pufos au fost negative diferențele dintre activitatea substanțelor antioxidante din mugurii apicali și din cei laterali (Tab.1), specii care de altfel sunt mai puțin rezistente la ger. Primăvara, parametrul respectiv a avut valori negative pronunțate la mugurii stejarului pufos (care în perioada respectivă se afla în stare de repus) și tindeau să devină pozitive la mugurii gorunului și ai stejarului pedunculat (la care s-au inițiat procesele de ieșire din starea de dormitare).

Analizând datele incluse în Tabelul 2, observăm că fracția substanțelor cu masă moleculară mare extrase din muguri demonstrează capacitatea de a lega oxigenul, fapt specific pentru oxidaze. Datorită acestui fenomen, conținutul relativ al oxigenului în extractele din muguri scădea. Este de observat că, de regulă, activitatea oxidazelor extrase din muguri a fost cea mai scăzută toamna, a crescut iarna și, îndeosebi, primăvara. În toate cele trei anotimpuri în extractele prelevate din mugurii apicali ai stejarului pufos a fost evidentă o activitate a oxidazelor mai scăzută, în comparație cu cea din mugurii laterali. De asemenea, la stejarul pufos a fost surprinsă tendința de sporire a activității oxidazelor în extractele din mugurii prelevați pentru analiză iarna și, mai ales, primăvara. Subliniem că, în majoritatea cazurilor, diferențele dintre activitatea oxidazelor din mugurii apicali și din cei laterali s-au manifestat doar ca tendință, adică nu au fost statistic semnificative

(Tab.2). În această privință, rezultatele noastre concordă cu viziunea, potrivit căreia oxidazele participă preponderent în procesele metabolice asociate de utilizarea oxigenului și mai puțin în acele de anihilare a speciilor reactive ale oxigenului care se „scurg” în decursul reacțiilor de oxidoreducere [18]. Activitatea metabolică asociată cu eliminarea dormitării, care mai întâi se desfășoară în mugurii apicali, iar ulterior în cei laterali [19], la gorun și la stejarul pedunculat se manifestă prin valorile negative ale diferenței dintre activitatea oxidazelor din mugurii apicali și din cei laterali.

Tabelul 2

**Activitatea oxidazelor din fracția substanțelor cu masa moleculară mare (fracția 1) a extractelor din mugurii apicali și cei laterali ai stejarului pedunculat, ai gorunului și ai stejarului pufos, prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara**

Varianta	Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția ce conține fracția 1 (substanțe cu masa moleculară mare)		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
<b>Stejar pedunculat (<i>Quercus robur</i>)</b>			
Mugurii apicali	1,600 ± 0,361	2,500 ± 1,212	2,667 ± 1,350
Mugurii laterali	2,333 ± 0,473	2,333 ± 1,400	2,600 ± 1,323
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-0,733 ± 0,112	0,167 ± 0,188	0,067 ± 0,027
<b>Gorun (<i>Quercus petraea</i>)</b>			
Mugurii apicali	1,667 ± 0,116*	2,000 ± 0,985	3,200 ± 0,794
Mugurii laterali	1,267 ± 0,252	1,567 ± 0,473	4,900 ± 0,985
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	0,400 ± 0,136	0,433 ± 0,512	-1,700 ± 0,191
<b>Stejar pufos (<i>Quercus pubescens</i>)</b>			
Mugurii apicali	1,267 ± 0,231	1,267 ± 1,286	2,467 ± 1,350
Mugurii laterali	1,467 ± 0,493	3,300 ± 0,819*	5,700 ± 0,100*
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-0,200 ± 0,262	-2,033 ± 0,467	-3,233 ± 1,250

*Notă:* Cu steluță sunt marcate extractele a căror activitate antioxidantă o depășește semnificativ pe cea din mugurii alternativi (apicali sau laterali).

La introducerea concomitentă a substanțelor macromoleculare (fracției 1 a extractelor) și a peroxidului de hidrogen în mediul de incubare se elucidează activitatea catalazelor din extract. Din datele prezentate în Tabelul 3 observăm că în faza staționară de incubare conținând extractul din mugurii apicali și din cei laterali, la adăugarea peroxidului de hidrogen în soluție conținutul oxigenului la diferite variante sporește în mod diferit. El a sporit cu 6,0-12,8% în comparație cu martorul (care în mediul de incubare conținea doar soluția-tampon și peroxid de hidrogen). Având în vedere faptul că reacția se petrecea în 1,6 ml de soluție, care conținea substanțe extrase din 0,1 g de muguri, putem calcula cantitatea specifică de eliminare a oxigenului de extractul dintr-un gram de muguri. În normă, soluția incubată la temperatura de 25°C conține 5,98 μl de oxigen într-un mililitru de soluție, sau 243 nM de oxigen într-un mililitru de soluție. De aici reiese că schimbarea cu 1% a conținutului de oxigen în 1,6 ml de soluție este asigurată de schimbarea conținutului de oxigen cu 3,89 nM. Astfel, în condițiile noastre, activitatea catalazelor extrase din 0,1 g de muguri a dus la eliminarea a 23,3-49,8 nM de oxigen. De regulă, activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali a fost mai înaltă, în comparație cu cea din extractele din mugurii laterali. Datele incluse în Tabelul 3 sugerează că activitatea catalazelor din extractele din mugurii stejarului pedunculat este relativ constantă, fiind foarte apropiată în extractele din mugurii apicali și din cei laterali. La gorun și la stejarul pufos se observă tendința de diminuare a activității catalazelor iarna. Dacă luăm în considerare tendința de sporire a activității oxidazelor din muguri primăvara, atunci, datorită concurenței dintre reacțiile de eliminare a oxigenului de către catalaze și de legare

a lui de către oxidaze, ajungem la concluzia că primăvara are loc activarea catalazelor în mugurii celor trei specii de stejar, fenomen ce poate fi determinat de biosinteza *de novo* a enzimei.

Tabelul 3

**Activitatea sumară de eliminare a oxigenului datorită activității catalazelor din substanțele cu masa moleculară mare (fracția 1) a extractelor din mugurii apicali și cei laterali ai stejarului pedunculat, ai gorunului și ai stejarului pufos, prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara**

Varianta	Surplusul de eliminare a oxigenului în soluția ce conține fracția 1 (substanțe cu masa moleculară mare) și peroxid de hidrogen		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
<b>Stejar pedunculat (<i>Quercus robur</i>)</b>			
Mugurii apicali	10,707 ± 1,767	11,633 ± 7,193	12,767 ± 0,929
Mugurii laterali	10,300 ± 0,400	11,600 ± 4,889	10,600 ± 1,588
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	0,407 ± 1,367	0,033 ± 2,304	2,167 ± 0,659
<b>Gorun (<i>Quercus petraea</i>)</b>			
Mugurii apicali	9,367 ± 0,493	8,367 ± 2,230	7,733 ± 4,143
Mugurii laterali	8,967 ± 0,839	6,867 ± 2,676	8,700 ± 1,001
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	0,400 ± 0,346	1,500 ± 0,446	-0,967 ± 3,142
<b>Stejar pufos (<i>Quercus pubescens</i>)</b>			
Mugurii apicali	10,267 ± 0,379	6,500 ± 2,700	10,400 ± 2,629
Mugurii laterali	9,200 ± 0,557	6,000 ± 2,533	9,500 ± 0,700
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	1,067 ± 0,178	0,500 ± 1,167	0,900 ± 1,929

De rând cu evidențierea rolului temperaturii aerului în perioada de trecere dintre anotimpuri asupra activității substanțelor antioxidante extrase din mugurii arborilor speciilor de stejar, a fost interesant de a estima felul în care s-au desfășurat procesele de oxidare și de reducere la arborii stejarului pufos în funcție de specificul condițiilor staționale. În vederea rezolvării obiectivului menționat, în perioada de primăvară a fost caracterizată, din punct de vedere cantitativ, activitatea antioxidantă a substanțelor extrase din mugurii arborilor stejarului pufos care cresc în condiții staționale diferite.

Rezultatele cercetărilor efectuate sunt prezentate în Tabelul 4. Datele incluse în tabel au fost obținute prin scăderea din valorile activității caracteristice pentru fiecare tip de substanță din mugurii arborilor care cresc în Ocolul silvic Nisporeni a valorilor corespunzătoare ale arborilor care vegetează în teritoriile celorlalte ocoale silvice. Datele reflectate în tabel demonstrează că activarea proceselor de reducere directă, sau pe cale enzimatică, a oxigenului de către substanțele extrase din mugurii arborilor care cresc în diferite condiții staționale se remarcă prin diferențe ale activității antioxidante, care se datorează variației temperaturilor de primăvară de-a lungul gradientului latitudine. În același timp, se manifestă o tendință opusă de schimbare a activității sumare a proceselor care determină descompunerea enzimatică a peroxidului de hidrogen (asigurate de catalază). Fenomenul în cauză se evidențiază prin faptul că în extractele din mugurii prelevați de la arborii care cresc în teritorii situate mai la sud eliminarea oxigenului de către catalaze este mai scăzută decât cea surprinsă în mugurii arborilor din Ocolul silvic Nisporeni (Tab.4). Totuși, dacă luăm în considerare concurența dictată de utilizarea oxigenului de către oxidaze, observăm că activitatea lor a fost semnificativ mai scăzută în extractele din mugurii arborilor din Ocolul silvic Nisporeni (valoarea negativă a indicelui este cu atât mai mică, cu cât mai spre sud cresc arborii, Tab.4), iar activitatea sumară a enzimelor care utilizează oxigenul și detoxifică peroxidul de hidrogen a fost cu atât mai înaltă, cu cât mai spre sud cresc arborii stejarului pufos. Urmare a activității enzimatice, primăvara, procesele de detoxificare a speciilor reactive ale oxigenului sunt cu atât mai accelerate, cu cât mai spre sud cresc arborii stejarului pufos. Acest fapt sugerează că cu cât suma temperaturilor pozitive este mai înaltă, cu atât mai evident se manifestă desfășurarea activității enzimelor antioxidante.

Tabelul 4

**Diferențele dintre procesele de utilizare a oxigenului și eliminarea lui în urma descompunerii peroxidului de hidrogen în substanțele extrase din mugurii apicali sau laterali prelevați de la arborii stejarului pufos din Ocolul silvic Nisporeni, în comparație cu cei din ocoalele silvice Cărpineni, Zloți, Talmaza, Băiuș și Baimaclia**

Varianta	Ocolul silvic				
	Cărpineni	Zloți	Talmaza	Băiuș	Baimaclia
<b>Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția fracției 2 (metaboliți)</b>					
Muguri apicali	0,40 ± 0,82	- 1,43 ± 0,94*	- 1,63 ± 1,06*	- 8,37 ± 5,44*	- 5,00 ± 1,31*
Muguri laterali	1,67 ± 1,38*	- 3,93 ± 2,87*	0,17 ± 0,71	- 9,77 ± 3,71*	- 6,60 ± 0,99*
<b>Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția fracției 1 (oxidaze)</b>					
Muguri apicali	0,37 ± 1,20	- 1,57 ± 1,76	- 0,53 ± 1,06	- 8,00 ± 2,56*	- 8,37 ± 2,20*
Muguri laterali	0,07 ± 0,77	- 4,67 ± 0,35*	0,67 ± 1,69	- 7,70 ± 1,38*	- 9,07 ± 3,87**
<b>Surplusul de eliminare a oxigenului în supernatant</b>					
Muguri apicali	4,40 ± 1,13*	2,70 ± 3,09	4,60 ± 4,08*	7,87 ± 3,11*	6,60 ± 1,47*
Muguri laterali	1,27 ± 2,78	0,37 ± 4,96	1,50 ± 3,42	3,6 ± 4,30	3,33 ± 3,24*

*Notă:* sunt indicate valorile medii ± suma valorilor abaterilor standard pentru ambele variante (la mugurii de referință, din Nisporeni, și la cei experimentali), care ar asigura diferența dintre variante cu confidența la nivelul de 95% pentru fiecare valoare medie;

\* – indică semnificația diferențelor dintre o anumită variantă experimentală și varianta martor ale mugurilor prelevați de la arborii din Ocolul silvic Nisporeni;

\*\* – indică suma diferențelor privind activitatea tuturor componentelor din extract.

Cele relatate scot în relief faptul că la faza inițială de eliminare a endodormitării sunt metabolizate semnificativ catalazele, ulterior sporind rolul substanțelor fenolice și al oxidazelor. Ultimele îndeplinesc funcții anti-oxidante în perioada tardivă de eliminare a dormitării și inițierii desfacerii mugurilor. Consecutivitatea proceselor antioxidante a fost consemnată și la germinarea embrionilor semințelor de soia, ceea ce sugerează că procesele antioxidante care se declanșează la faza de eliminare a dormitării în muguri și în semințe pot avea legități comune [18,20]. Reiese că starea mugurilor este caracterizată de activitatea sumară a proceselor care determină legarea oxigenului și menținerea sub control a *speciilor reactive ale oxigenului* (urmare a activității substanțelor antioxidante și a oxidazelor) și eliminarea oxigenului datorită descompunerii peroxidului de hidrogen (urmare a activității catalazelor). Având în vedere că activitatea sumară a proceselor antioxidante este mai înaltă în mugurii apicali, activitatea proceselor care determină utilizarea oxigenului în extractele din mugurii laterali pare a fi mai ridicată decât cea din mugurii apicali (deși ultimii sunt mai activi din punct de vedere metabolic). Un alt aspect al problemei abordate se referă la faptul că procesele de formare a oxigenului prin descompunerea peroxidului de hidrogen, catalizate din substanțele fracției 2, sunt mai ridicate în mugurii apicali, în comparație cu cei laterali. Mai mult decât atât, în ambele tipuri de muguri activarea sumară a proceselor care determină eliminarea oxigenului în urma descompunerii peroxidului de hidrogen este mai semnificativă la extractele din mugurii arborilor care cresc în teritorii situate mai spre nord (Tab.4). Din cele expuse devine clar că dacă se iau în considerare procesele care declanșează legarea oxigenului în fracția 2 a extractelor, reiese că în extractele din mugurii prelevați primăvara de la stejarii care cresc mai spre sud activitatea enzimelor care descompun peroxidul de hidrogen este mai înaltă, în comparație cu cea a extractelor din mugurii arborilor situați mai spre nord. Cu titlu de exemplu menționăm că în extractele din mugurii apicali prelevați de la arborii din ocoalele silvice Băiuș și Baimaclia activitatea proceselor care determină utilizarea oxigenului de către oxidaze este mai ridicată cu 8,00 și 8,37%, în comparație cu cea specifică stejărilor din Ocolul silvic Nisporeni, iar procesele de eliminare sumară a oxigenului în urma descompunerii peroxidului de hidrogen au scăzut ceva mai puțin, respectiv cu 7,87 și 6,60%. De aici reiese că la etapa prelevării probelor pentru analiză, datorită diferenței dintre avansarea etapei de restabilire a echilibrului biodinamic în perioada de eliminare a dormitării mugurilor, la arborii situați mai spre sudul Republicii Moldova rolul oxidazelor și al substanțelor antioxidante în restabilirea acestui echilibru crește progresiv, iar al catalazelor, dimpotrivă,

scade. Totodată, activitatea sumară a substanțelor care determină utilizarea oxigenului și detoxificarea *speciilor reactive ale oxigenului* în perioada prelevării probelor, de regulă, crește în funcție de gradientul sud-nord de amplasare teritorială a arborilor (Tab.4). Legitatea surprinsă este evidentă pentru extractele din mugurii laterali și se manifestă ca tendință pentru cele din mugurii apicali. Remarcăm că în ziua prelevării probelor procesele de înfăptuire a echilibrului biodinamic din mugurii stejarului pufos erau în curs de instalare și se aflau cu atât mai aproape de echilibru cu cât suma activităților de utilizare a oxigenului și de eliminare a lui de către catalaze avea o valoare negativă mai puțin pronunțată, sau o valoare pozitivă ceva mai ridicată.

Este de menționat faptul că procesele oxidoreductive din mugurii apicali sunt mai aproape de echilibrul biodinamic, în comparație cu cele din mugurii laterali (Tab.4). Ceea ce și era de așteptat, fiindcă procesele din mugurii arborilor care cresc mai spre sud sunt mai aproape de echilibrul biodinamic decât la cei amplasați mai spre nord. În așa fel, procesele de eliminare a dormitării mugurilor stejarului pufos în perioada de trecere de la anotimpul de iarnă către cel de primăvară sunt asociate de sporirea consecutivă a activității sumare a oxidazelor și a substanțelor antioxidante și de diminuarea activității catalazelor din muguri. În perioada de primăvară, inițierea proceselor de eliminare a dormitării mugurilor are loc concomitent cu activarea semnificativă a activității oxidazelor și cu diminuarea activității catalazelor. Inițial, procesele menționate se inițiază în mugurii apicali, iar peste ceva timp se declanșează în mugurii laterali. Fenomenul abordat corespunde cu perioada mai tardivă de desfacere a mugurilor laterali, în comparație cu cei apicali. Menționăm că probele pentru analiză au fost prelevate în perioada de primăvară timpurie. Din literatura de specialitate se știe că supraviețuirea plantelor în condițiile iernilor geroase depinde de mai multe procese care necesită energie și care, la rândul lor, inițiază activitatea sistemelor de formare și de ieșire de sub control a *speciilor reactive ale oxigenului* [21]. Călirea și aclimarea la frig implică procese complexe de acumulare în celule a unor enzime și substanțe, care determină dezactivarea *speciilor reactive ale oxigenului*, diminuarea leziunilor și sporirea viabilității plantelor în condiții de ger [22,23].

Activitatea antioxidantă a fenolilor și a flavonoizilor, determinată de proprietățile redox, de asemenea joacă un rol important în neutralizarea radicalilor liberi, a oxigenului în stare triplet și în descompunerea peroxidilor în condiții de stres termic [21,24]. Primăvara, odată cu ridicarea temperaturii, are loc adaptarea plantelor la condițiile noi și pregătirea pentru inițierea creșterii, urmare a demarării proceselor de divizare a celulelor din mugurii plantelor. Aceste procese, la rândul lor, implică activarea enzimelor care asigură descompunerea peroxidului de hidrogen (catalazele și peroxidazele), utilizarea oxigenului cu implicarea diferitelor reacții enzimatice (asigurate de oxidaze) și a substanțelor antioxidante (substanțe fenolice, flavonoizi etc.). Metoda de oximetrie, utilizată de noi, a oferit posibilitatea de a determina separat activitatea sumară a componentelor utilizate în neutralizarea directă, sau pe cale enzimatică, a *speciilor reactive ale oxigenului*. Totodată, parametrii determinați cu ajutorul metodei de oximetrie reprezintă rezultatul integral al unui număr mare de procese biochimice, de aceea informația obținută oferă posibilitatea de a caracteriza integral schimbările proceselor oxidoreductive care au loc la nivel enzimatic și metabolic. Procesele enunțate oferă posibilitatea de a caracteriza tendințele integrale de schimbare a proceselor oxidoreductive sub influența diferiților factori și schimbarea raportului dintre activitatea diferitelor substanțe implicate în procesele antioxidante. Datorită aprecierii activității în condițiile unui gradient natural de temperaturi primăvara, s-a demonstrat univoc că, în perioada de primăvară, procesele de eliminare a dormitării mugurilor stejarului pufos sunt caracterizate prin diminuarea consecutivă a rolului catalazelor și prin sporirea rolului oxidazelor și al substanțelor antioxidante la faza inițierii desfacerii mugurilor.

Rezultatele noastre concordă cu cele din literatura de specialitate, potrivit cărora procesele oxidoreductive sunt extrem de importante în perioada trecerii plantelor de la starea de repaus la cea de creștere activă [18,25]. În această perioadă substanțele fenolice, fiind în stare redusă, participă mai eficient la eliminarea *speciilor reactive ale oxigenului* [25]. Din această cauză, a fost important de a compara procesele asociate cu metabolismul oxigenului în extractele din mugurii prelevați primăvara la arborii care cresc în diferite condiții staționale, astfel încât, datorită gradientului de temperaturi pozitive în direcția nord-sud, s-a produs activarea treptată a proceselor de utilizare a oxigenului, care au decurs în concordanță cu perioada de eliminare a dormitării mugurilor plantelor primăvara. Datele obținute de noi au confirmat sporirea activității proceselor de reducere a oxigenului în extractele obținute din mugurii arborilor de stejar pufos atât pe cale enzimatică, cât și pe cale metabolică (Tab.4). Acest fapt sugerează că, primăvara, eliminarea dormitării mugurilor arborilor de stejar pufos este asociată de intensificarea atât a proceselor biochimice care asigură formarea energiei, cât și a celor implicate în detoxificarea *speciilor reactive ale oxigenului*, care ies de sub control ca urmare a intensificării



proceselor metabolice. În așa fel, activarea proceselor de utilizare a oxigenului de către oxidaze și legarea lui de către substanțele fenolice „maschează” capacitatea sporită a catalazelor din mugurii arborilor amplasați mai spre sud de a intensifica degradarea peroxidului de hidrogen. Separarea componentelor cu masa moleculară mică și cu masa moleculară mare a oferit posibilitatea de a determina separat efectele sumare ale ambelor tipuri de componente și de a elucida diminuarea relativă a activității de eliminare a oxigenului față de intensificarea utilizării lui de către oxidaze și a activității de legare de către substanțele antioxidante. În principiu, aceste rezultate nu contrazic datele din literatura de specialitate, care demonstrează că sfârșirea perioadei de dormitare este asociată cu creșterea conținutului peroxidului de hidrogen [26], dat fiind faptul că activitatea oxidazelor în această perioadă crește mai semnificativ decât cea a catalazelor. Sporirea activității substanțelor antioxidante în celulele mugurilor arborilor concomitent cu creșterea temperaturii primăvara este în acord cu rolul important al reacțiilor antioxidante în procesele fiziologice ale plantelor [27].

### Concluzii

1. La trecerea de la starea de vegetație către cea de repaus profund în anotimpul de toamnă-iarnă și întreruperea acestuia în anotimpul de iarnă-primăvară se manifestă instalarea echilibrului biodinamic la diferite niveluri ale metabolismului, noul echilibru fiind asigurat de activitatea specifică a substanțelor antioxidante care se desfășoară în mugurii apicali și în cei laterali ai arborilor speciilor de stejar.

2. În perioada de iarnă la gorun și la stejarul pufos au fost surprinse diferențe negative în activitatea substanțelor antioxidante din mugurii apicali și din cei laterali, fapt ce denotă că speciile respective sunt mai puțin rezistente la ger în comparație cu stejarul pedunculat, care este o specie mai bine adaptată la ger.

3. Primăvara, indicele diferenței în activitatea substanțelor antioxidante din mugurii apicali și din cei laterali ai stejarului pufos a avut valori negative pronunțate, fapt ce demonstrează că în perioada respectivă la mugurii apicali a fost eliminată de curând starea de dormitare, iar cei laterali se aflau în stare de dormitare profundă. La gorun și la stejarul pedunculat indicele diferenței de activitate antioxidantă a mugurilor se apropia de valorile pozitive, fapt ce a marcat desfășurarea proceselor de eliminare a dormitării la mugurii apicali.

4. Primăvara, procesele de eliminare a dormitării mugurilor arborilor stejarului pufos sunt caracterizate prin diminuarea consecutivă a activității catalazelor și prin sporirea activității oxidazelor și a substanțelor antioxidante la faza premergătoare desfacerii mugurilor.

5. În celulele mugurilor apicali, primăvara, schimbările componentelor care determină potențialul oxidoreductiv se manifestă mai timpuriu, în comparație cu cele din mugurii laterali.

6. Pentru a determina corect aportul diferitelor componente în reglarea conținutului *speciilor reactive ale oxigenului* în celulele plantelor, este important să fie apreciat raportul dintre activitatea substanțelor care leagă oxigenul (a oxidazelor și a metaboliților secundari) și a celor care determină eliminarea acestuia (a catalazelor). Metoda de oximetrie oferă posibilitatea de a aprecia acest bilanț.

### Referințe:

1. LANG, G.A., EARLY, J.D., MARTIN, G.C., DARNELL, R.L. Endo-, para-, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. In: *Hort Sci.*, 1987, vol.22, p.371-377.
2. ARORA, R., ROWLAND, L.J., TANINO, K. Induction and release of bud dormancy in woody perennials, a science comes of age. In: *Hort Sci.*, 2003, vol.38, p.911-921.
3. HABJORG, A. Effects of photoperiod and temperature on growth and development of three latitudinal populations of *Betula pubescens* Ehrh. In: *Meld. Nor. Landbrukshoegsk.*, 1972, vol.51, p.1-27.
4. HEIDE, O.M. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes (*Picea abies*). Interaction of photoperiod and temperature. In: *Physiol. Plant.*, 1974, vol.30, p.1-12.
5. SARVAS, R. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. In: *Commun Inst. For. Fenn.*, 1972, vol.76. 110 p.
6. CHAMPAGNAT, P. Quelques réflexions sur la dormance des bourgeons des végétaux ligneux. In: *Physiol. Vég.*, 1983, vol.21, p.607-618.
7. CHAMPAGNAT, P. Dormance des bourgeons chez les végétaux ligneux. En: *Come D (ed) Les végétaux et le froid.* Paris: Herman, 1993, p.203-262.
8. CANNELL, M.G.R., SMITH, R.I. Thermal time, chill days and prediction of bud burst in *Picea sitchensis*. In: *J. Appl. Ecol.*, 1983, vol.20, p.951-963.
9. LAUBE, J., SPARKS, T.H., ESTRELLA, N., HÖFLER, J., ANKERST, D.P., MENZEL, A. Chilling outweighs photoperiod in preventing precocious spring development. In: *Glob Chang Biol.*, 2014, vol.20, p.170-182.

10. LI, C., JUNTILA, O., ERNSTSEN, A., HEINO, P., PALVA, E.T. Photoperiod icy control of growth, cold acclimation and dormancy development in silver birch (*Betula pendula*) ecotypes. In: *Physiol. Plant*, 2003, vol.117, p.206-212.
11. HEIDE, O.M. Daylength and thermal time responses of budburst during dormancy release in some northern deciduous trees. In: *Physiol. Plant*, 1993, vol.88, p.531-540.
12. VIHERRÄ-AARNIO, A., SUTINEN, S., PARTANEN, J., HÄKKINEN, R. Internal development of vegetative buds of Norway spruce trees in relation to accumulated chilling and forcing temperatures. In: *Tree Physiol.*, 2014, vol.34, p.547-556.
13. KÖRNER, C. Significance of temperature in plant life. In: *Morison JIL, Morecroft MD (eds). Plant growth and climate change*. Oxford: Blackwell, 2006, p.48-69.
14. ZHANG, X., ZWIERS, F.W., HEGERL, G.C., LAMBERT, F.H., GILLETT, N.P., SOLOMON, S. Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. In: *Nature*, 2007, vol.448, p.461-465.
15. CUZA, P., FLORENȚĂ, Gh. Antioxidant activity of substances extracted from buds of the trees of spontaneous oak species. In: *Journal of Botany*, 2017, vol.IX, no.2(15), p.96-103.
16. CALABRESE, E.J., MATTSON, M.P. Hormesis provides a generalized quantitative estimate of biological plasticity. In: *Jurnal Cell Commun Signal*, 2011, vol.5, p.25-38.
17. DEMIROVIC, D., RATTAN, S.I.S. Establishing cellular stress response profiles as biomarkers of homeodynamics, health and hormesis. In: *Experimental Gerontology*, 2013, vol.48, p.94-98.
18. PUNTARULO, S., SANCHEZ, R.A., BOVERIS, A. Hydrogen peroxide metabolism in soybean embryonic axes at the onset of germination. In: *Plant Physiol.*, 1988, vol.86, p.626-630.
19. FLORENȚĂ, Gh., CUZA, P. Activitatea antioxidantă a substanțelor din mugurii arborilor stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) care cresc în diferite condiții staționale. În: *Studia Universitatis Moldaviae. Seria „Științe reale și ale naturii”*, 2017, nr.6(106), p.41-46.
20. DIPAYAN, S., PRASANTA, C.B., YOUNG-IN-KWON, KALIDAS, Sh.C. Acclimation responses of three cool-season turfgrasses and the role of proline-associated pentose phosphate pathway. In: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 2009, vol.134, p.210-220.
21. WISE, R.R., NAYLOR, A.W. Chilling-enhanced peroxidation. The peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure. In: *Plant Physiol.*, 1987, vol.83, p.272-277.
22. ALBERDI, M., CORCUERA, L.J. Cold acclimation in plants. In: *Phytochemistry*, 1991, vol.30, p.3177-3184.
23. PRASAD, T.K., ANDERSON, M.D., MARTIN, B.A., STEWART, C.R. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. In: *Plant Cell.*, 1994, no.6, p.65-74.
24. RICE-EVANS, C.A., MILLER, J.M., PAGANGA, G. Structure antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. In: *Free Radic. Biol. Med.*, 1996, vol.20, p.933-956.
25. PAKKISH, Z., RAHEMI, M., BAGHIZADEH, A. Seasonal changes of peroxidase, polyphenol oxidase enzyme activity and phenol content during and after rest in pistachio (*Pistacia vera* L.) flower buds. In: *World Applied Sciences Journal*, 2009, vol.6, p.1193-1199.
26. BAJJI, M., M'HAMDI, M., GASTINY, F., ROJAS-BELTRAN, J.A., JARDIN, P. Catalase inhibition accelerates dormancy release and sprouting in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. In: *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2007, vol.11, p.121-131.
27. PINHERO, R.G., RAO, M.V., PALIYATH, G., MURR, D.P., FLETCHER, R.A. Changes in activities of antioxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings. In: *Plant Physiol.*, 1997, vol.114, p.695-704.

**Date despre autor:**

**Alexandru DASCALIUC**, doctor habilitat, profesor universitar, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor.

**E-mail:** dascaliuc@yahoo.com

**Petru CUZA**, doctor habilitat, profesor universitar, Facultatea de Biologie și Pedologie, Universitatea de Stat din Moldova.

**E-mail:** petrucuza@mail.ru

Prezentat la 19.09.2018