



Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor stejarului pedunculat, gorunului și stejarului pufos în funcție de anotimp

Alexandru Dascaluic^a, Petru Cuza^{b,*}, Gheorghe Florență^c

^aInstitutul de Genetică, fiziologie și protecția plantelor, Str. Pădurii, Nr. 20, Chișinău MD-2002, Republica Moldova, dascaluica@yahoo.com.

^bUniversitatea de Stat din Moldova, Str. Alexei Mateevici, Nr. 60, Chișinău MD-2009, Republica Moldova, petrucuza@mail.ru.

^cInstitutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Str. Calea Ieșilor, Nr. 69, Chișinău MD-2069, Republica Moldova, florentagheorghe@mail.ru.

REPERE

- Activitatea substanțelor antioxidante în mugurii stejarilor în funcție de anotimp.
- Diferențele dintre activitatea antioxidantă a substanțelor din mugurii stejarilor.
- Diferențele dintre activitatea oxidazelor din mugurii stejarilor.
- Specificul activității catalazelor din mugurii stejarilor.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 05 noiembrie 2018

Primit în forma revizuită: 27 noiembrie 2018

Acceptat: 29 noiembrie 2018

Număr de pagini: 16 pagini.

Tipul articolului:

Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Stejari

Muguri

Potențial oxido-reductiv

Anotimp

REZUMAT

*Starea fiziologică a arborilor în perioada de trecere de la un anotimp la altul depinde de activitatea enzimelor care participă în procesele oxido-reductive din muguri. În studiul de față a fost determinată activitatea sumară a oxidazelor, catalazelor și substanțelor antioxidante a extractelor din mugurii de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.), gorun (*Q. petraea* Liebl.) și stejar pufos (*Q. pubescens* Willd.) prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara de la arbori care vegetează la distanțe considerabile unii de alții. Între aceste specii de stejar se manifestă diferențe în dinamica de adaptare la modificarea condițiilor de mediu de la un anotimp la altul. Ca urmare a activității specifice a substanțelor antioxidante din muguri, stejarul pufos intră în repaus mai devreme și iese mai greu din dormanță. La gorun, mugurii intră mai târziu în starea de repaus, iar primăvara ies mai repede din dormanță. Activitatea catalazei din muguri este un indicator al rezistenței speciilor de stejar la temperaturi joase. Această activitate relevă că stejarul pufos este mai pușin adaptat la condițiile iernii decât stejarul pedunculat și gorunul. În celulele mugurilor apicali ale speciilor de stejar, primăvara, schimbările componentelor care determină potențialul redox se manifestă mai timpuriu, în comparație cu cele din mugurii laterali. Această defazare se datorează inițierii mai timpurii a proceselor metabolice, ceea ce asigură eliminarea mai timpurie a dormanței mugurilor apicali în comparație cu cei laterali.*

* Autor corespondent.

Adresa de e-mail: petrucuza@mail.ru

1. INTRODUCERE

Riscul încălzirii globale [1] a impus necesitatea unor preocupări speciale ale Conferințelor ministeriale pentru Protejarea Pădurilor din Europa, astfel încât, prin efort comun, în anul 1993 a fost elaborată „Strategia pentru procesul de adaptare pe termen lung a pădurilor la schimbări climatice”. Problema eventualelor consecințe ale schimbărilor climatice asupra stării pădurilor a căpătat un impact concret doar după semnarea Protocolului de la Kioto (1997), deoarece în acesta se menționează, în mod explicit, că efectele de seră pot fi atenuate prin stocarea carbonului în ecosistemele forestiere. În acest document, o atenție deosebită se acordă extinderii suprafețelor împădurite cu specii care vor fi mai bine adaptate la noile condiții de mediu [2]. Datele din literatură consemnează că alegerea speciilor pentru împăduriri trebuie să se facă cu mult discernământ, în acord cu exigențele lor bioecologice, astfel încât acestea să supraviețuiască în anumite condiții de mediu caracterizate de temperaturi mai mari și secetă [3]. Pronosticurile oamenilor de știință referitoare la evoluția vegetației forestiere, în acord cu presupusa încălzire globală, prefigurează o creștere importantă a suprafețelor ocupate cu specii de stejar în toată Europa [4].

De-a lungul timpului, speciile de stejar din zona temperată s-au adaptat la condițiile schimbătoare ale factorilor de mediu și, în special, la cele climatice [5, 6]. În ultimul secol, însă, a sporit numărul anomaliilor climatice, cum ar fi perioadele lungi de secetă, fluctuațiile mari ale cantumului precipitațiilor și intensității ploilor, frecvența înghețurilor târzii etc. [7]. Mai primejdioasă pentru stejari este trecerea de la un anotimp la altul. Supraviețuirea în condițiile unor temperaturi ridicate este asigurată de procesele oxido-reductive care au loc în țesuturile plantelor și în muguri [8].

În pădurile din Republica Moldova sunt răspândite spontan trei specii de stejar: stejarul pedunculat (*Quercus robur* L.), gorunul (*Quercus petraea* Leibl.) și stejarul pufos (*Quercus pubescens* Willd.). Răspândirea stejarului pufos în Republica Moldova se extinde, în nord, până în raionul Ungheni (trupul de pădure Petrești din Ocolul silvic Sculeni), în sud, coboară până în raionul Cahul (trupul de pădure Valea Haiducului din Ocolul silvic Slobozia). Exemplare izolate de stejar pufos pot fi întâlnite și în pădurile raionului Edineț (trupul de pădure Fetești din Ocolul silvic Filimon Carcea) [3, 9]. Răspândirea către nord a acestei specii este limitată de temperaturile coborâte din timpul iernii; aici cedează terenul gorunului și stejarului pedunculat [10]. Se presupune că gorunul este mai rezistent la secetă decât stejarul pedunculat, deoarece, în cazuri frecvente, este răspândit pe povârnișurile pantelor sudice, sud-estice și sud-vestice [11].

Adaptarea diferitelor specii de stejar la factorii de stres abiotic includ strategii de contracarare-diminuare a influenței factorilor de stres (materializate prin structura xeromorfă a unor organe, pilozitatea și pubescența frunzelor, fenologia înfrunzirii, înrădăcinarea pivotantă etc. [3, 12, 13]), precum și factorii de adaptare la nivel funcțional (biochimic) [14-16]. Unele cercetări au demonstrat că frunzele speciilor de stejar menționate se deosebesc după toleranța la temperaturi înalte, atât prin mecanisme de evitare, cât și prin adaptări funcționale. După imersarea frunzelor speciilor de stejar în apă cu diferite temperaturi (factorul intensiv) și durate ale șocului termic (factorul extensiv) [17], abilitatea lor de a menține echilibrul electroliților [18, 19] și activitatea fotosintetică [16] s-a dovedit a fi diferită. În plus, a fost demonstrat că, în anumite condiții staționale ale Republicii Moldova,

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

potențialul oxido-reductiv al extractelor din mugurii stejarului pufos colectați primăvara depinde de dinamica pierderii dormanței mugurilor [20].

Pentru a evita influența condițiilor climatice și staționale asupra potențialului oxido-reductiv (redox) în mugurii diferitor specii, în cercetările noastre a fost analizată starea mugurilor prelevați de la arborii de stejar pedunculat, gorun și stejar pufos, din arborete care vegetează la o distanță ce nu depășește 3 km, în pădurile din Ocolul silvic Zloți. Distanța dintre arborii cei mai îndepărtați unul de altul în fiecare trup de pădure nu a depășit 20 m.

Cercetările noastre au ca scop stabilirea particularităților biologice ale speciilor de stejar, cu implicarea proceselor de reglare a potențialului redox în procesele care se desfășoară în mugurii plantelor în perioada de inițiere a dormanței, supraviețuirii la acțiunea temperaturilor negative (iarna) și inițierea creșterii frunzelor (primăvara).

Se știe că inducerea și pierderea dormanței, supraviețuirea în condiții de ger, precum și inițierea creșterii arborilor sunt determinate de procese metabolice și energetice, care includ reducerea oxigenului în următoarele trei etape [21]: $O_2 \rightarrow HO_2^* \rightarrow OH^* + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O$. Reiese că, până la reducerea totală a oxigenului în celule, apar specii reactive de oxigen, care includ radicalul superoxid, radicalul hidroxil și hidrogenul peroxid. Evitarea ieșirii de sub control a speciilor reactive ale oxigenului în urma „scurgerii” din ciclurile metabolice are loc prin sinteza unor antioxidanți [22], și prin activitatea sistemelor enzimatiche de neutralizare [23]. Activitatea acestor două sisteme asigură echilibrul conținutului de oxigen, determinat de participarea lui în procesele de oxido-reducere și detoxificare a speciilor reactive ale oxigenului care părăsesc ciclurile metabolice, de către substanțele antioxidante, precum și de activitatea reacțiilor enzimatiche (a oxidazelor și peroxidazelor), sau de eliminare a oxigenului ca urmare a descompunerii enzimatiche a superoxidului ($2HO_2^* \rightarrow O_2 + 2H_2O$) și peroxidului de hidrogen ($2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$). Procesele menționate au fost puțin studiate la plantele spontane și în special la stejari.

Scopul final a cercetărilor de față a fost de a determina activitatea sumară a proceselor oxido-reductive în extractele din mugurii apicali și laterali ai speciilor de stejar menționate mai sus, prelevați pentru analiză în perioada de toamnă, iarnă și primăvară.

2. MATERIALE ȘI METODE

A fost realizată analiza biochimică a mugurilor apicali și axilari colectați toamna (25.10.2012), iarna (29.01.2013) și primăvara (11.04.2013), prelevați de la arborii de stejar pedunculat, stejar pufos și gorun de pe raza Ocolului silvic Zloți. Probele de muguri, cântărind circa 0,1 g, au fost mojarate la rece. Materialul rezultat a fost extras timp de 30 minute, la temperatura 25°C, în 2 ml de soluție tampon care a conținut 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 mini-coloană 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,

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

precum și a activității enzimatică din fracția 1, la 1,56 ml din soluția tampon menționată mai sus s-au adăugat 40 μl de substanțe din fracția 1 sau 2 urmată de incubare la 25 °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 minute de la inițierea incubării la temperatura de 25 °C, conținutul oxigenului în soluție atinge faza staționară, atunci când procentul de oxigen utilizat devine egal cu cel care penetrează în soluție prin procesul de difuzie [24]. Diferența dintre procentul de oxigen în soluția martor (fără extract) și cea experimentală (cu extract) s-a determinat în funcție de capacitatea substanțelor antioxidante din fracția 2 și a oxidazelor din fracția 1 de a lega oxigenul. Astfel, activitatea substanțelor antioxidante și a oxidazelor a determinat diminuarea conținutului de oxigen în soluție la faza staționară în comparație cu cea din varianta martor.

Pentru a determina activitatea catalazelor din fracția 1, s-au adăugat 40 μcl de soluție din fracția 2 la 1,46 ml din soluția tampon a 60 μcl de 0,05% H₂O₂, urmată de incubarea la temperatura de 25 °C. Dinamica schimbării conținutului de oxigen a fost influențată de activitatea eliminării oxigenului în urma degradării peroxidului de hidrogen de către catalaze, precum și de activitatea legării oxigenului de către oxidaze. Rezultatul sumar al proceselor menționate a fost apreciat în baza procentului de oxigen în soluție la faza staționară. După cum a fost menționat, în experimentele acestui studiu, faza staționară s-a atins la 15-30 minute de la începutul incubării componentelor de reacție în soluția tampon. Astfel, a fost determinată, în mod separat, capacitatea antioxidantă a substanțelor din fracția 2, activitatea oxidazelor din fracția 1 și rezultanta activității concomitente a oxidazelor și catalazelor din fracția 1. Cercetările au fost realizate în trei repetiții, fiind determinată valoarea medie și abaterea standard a valorii medii [25].

3. REZULTATE

3.1. Activitatea antioxidantă a componentelor chimici din muguri

În **Figura 1** sunt prezentate rezultatele privind activitatea substanțelor antioxidante în extractele din mugurii stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului, colectați în sezonul de toamnă. Din **Figura 1** reiese că trecerea de la perioada de vegetație activă de vară la starea de repaus, toamna, reprezintă un proces fiziologic care implică procese metabolice desfășurate atât în mugurii apicali, cât și la cei laterali. Datele reliefează nivelul înalt al activității catalazei, asociată cu necesitatea descompunerii peroxidului de hidrogen, a cărui conținut în celule este cu atât mai înalt, cu cât sunt mai active procesele metabolice.

Din acest punct de vedere se evidențiază gorunul, în cazul căruia activitatea catalazelor a fost mai ridicată în comparație cu mugurii stejarului pedunculat și ai stejarului pufos. O astfel de activitate a catalazelor demonstrează că la gorun toamna, intrarea în dormanță întârzie în comparație cu stejarul pufos și stejarul pedunculat. În extractele mugurilor stejarului pufos atât activitatea catalazelor, cât și cea a oxidazelor și antioxidantilor au fost mai reduse decât la gorun și la stejarul pedunculat, fapt ce denotă inițierea mai timpurie a dormanței atât la mugurii apicali, cât și la cei laterali.

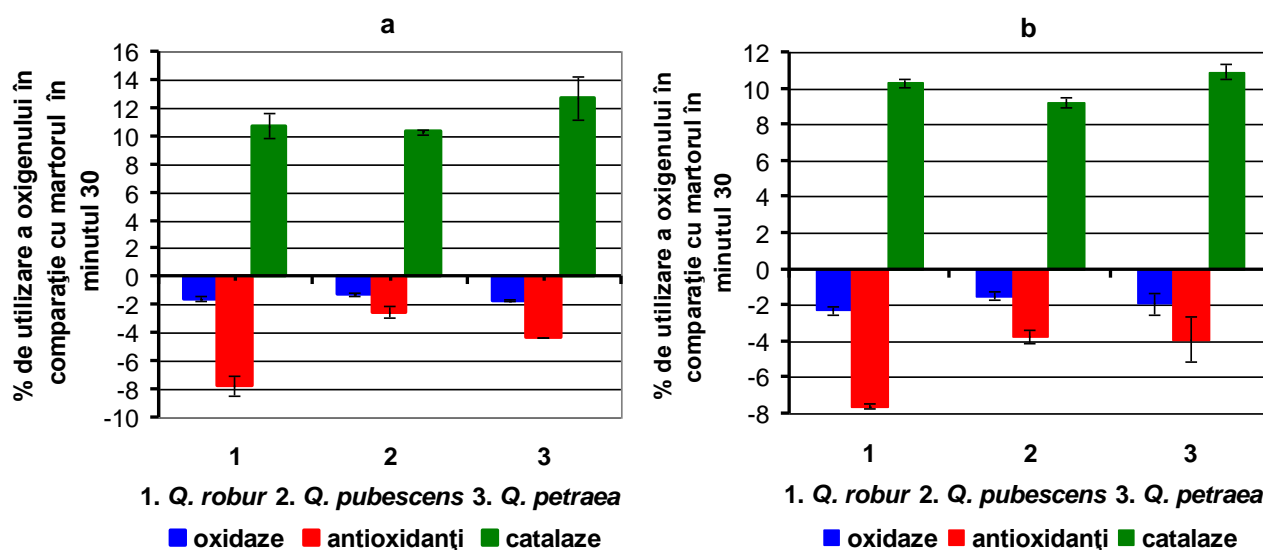


Figura 1. Activitatea sumară a catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante extrase din mugurii apicali (a) și laterali (b) ai stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului, colectați toamna.

Datele ilustrate în **Figura 2** indică faptul că iarna, atât în mugurii apicali, cât și în cei laterali, activitatea catalazelor este cu atât mai înaltă, cu cât specia se consideră a fi mai adaptată la condițiile iernii. Din acest punct de vedere, se evidențiază activitatea catalazelor în extractele din mugurii stejarului pedunculat și o activitate intermediară se manifestă la gorun. Cea mai joasă activitate a fost cea caracteristică extractelor din mugurii stejarului pufos. Se remarcă faptul că, în această perioadă și pentru toate cele trei specii, activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali și laterali este foarte apropiată. În același mod s-a desfășurat activitatea substanțelor antioxidante și a oxidazelor. Doar la stejarul pufos activitatea oxidazelor și a substanțelor antioxidante din mugurii laterali a fost mai înaltă în comparație cu cea din mugurii apicali ai arborilor aceleiași specii și în comparație cu ambele tipuri de muguri (apicali și laterali) ai gorunului.

În ansamblu, aceste date susțin ideea că menținerea viabilității mugurilor iarna este un fenomen asociat cu activitatea metabolică, menținută de activitatea oxidazelor, iar menținerea sub control a speciilor reactive de oxigen care se „scurg” în celulele mugurilor arborilor, este determinată în primul rând de activitatea catalazelor, care este cu atât mai pronunțată, cu cât specia de stejar este mai rezistentă la ger - repartizarea speciilor după rezistența la ger se consideră în baza răspândirii lor geografice [9]. Mai multe studii precizează faptul că activitatea proceselor de dezactivare a speciilor reactive ale oxigenului de către catalaze determină, în mare măsură, viabilitatea plantelor în condiții de iarnă [10, 26].

Este de remarcat faptul că primăvara diferențele dintre activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali și cei laterali la stejarul pedunculat și gorun sunt mai mici decât la stejarul pufos (**Figura 3**). Acest rezultat ar putea fi explicat prin faptul că la stejarul pufos procesele metabolice sunt asociate cu inițierea tardivă a creșterii primăvara și cu întârzierea pierderii dormanței la mugurii laterali. În a doua decadă a lunii aprilie, la stejarul pufos, procesele de inițiere a creșterii (și a metabolismului) s-au desfășurat activ doar la mugurii apicali. Totodată, acumularea oxidazelor și a substanțelor antioxidante, concomitent cu activitatea moderată a catalazelor, demonstrează că procesele de pierdere a dormanței se inițiază în mugurii laterali ai stejarului pufos. În ansamblu,

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

datele menționate sugerează ideea că, în luna aprilie, la stejarul pufos s-au inițiat procesele de eliminare activă a dormanței în mugurii apicali și la un nivel moderat în mugurii laterali. Această concluzie este susținută și de faptul că activitatea substanțelor antioxidante și a oxidazelor este mai joasă în mugurii apicali ai acestei specii în comparație cu mugurii laterali. În consecință, dormanța va fi pierdută mai târziu la stejarul pufos decât la gorun și la stejarul pedunculat.

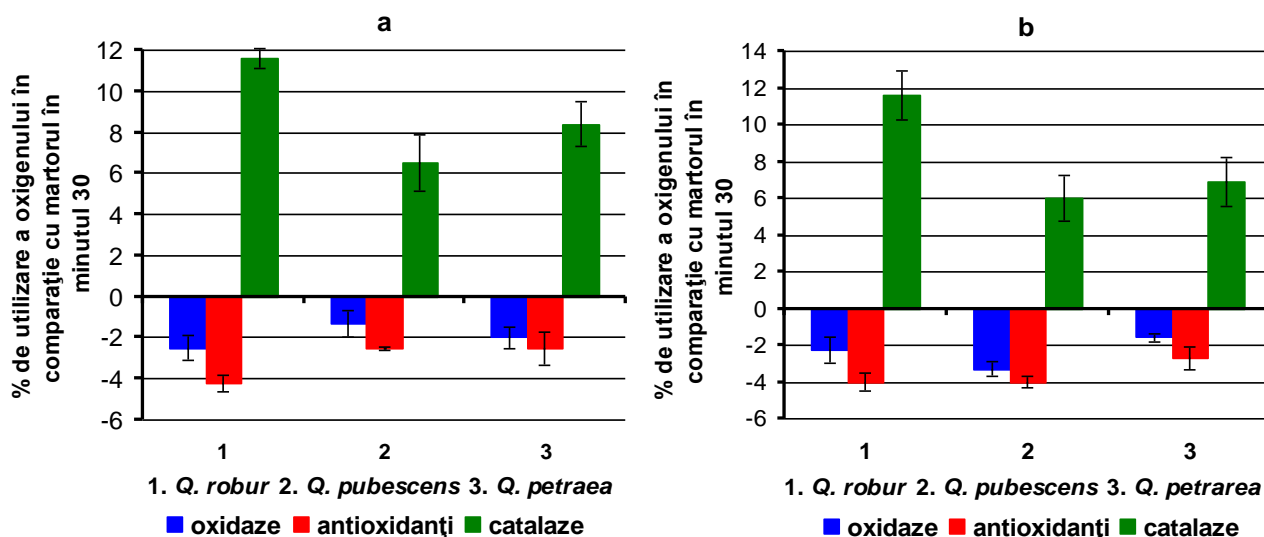


Figura 2. Activitatea sumară a catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante, extrase din mugurii apicali (a) și laterali (b) ai stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului colectați iarna.

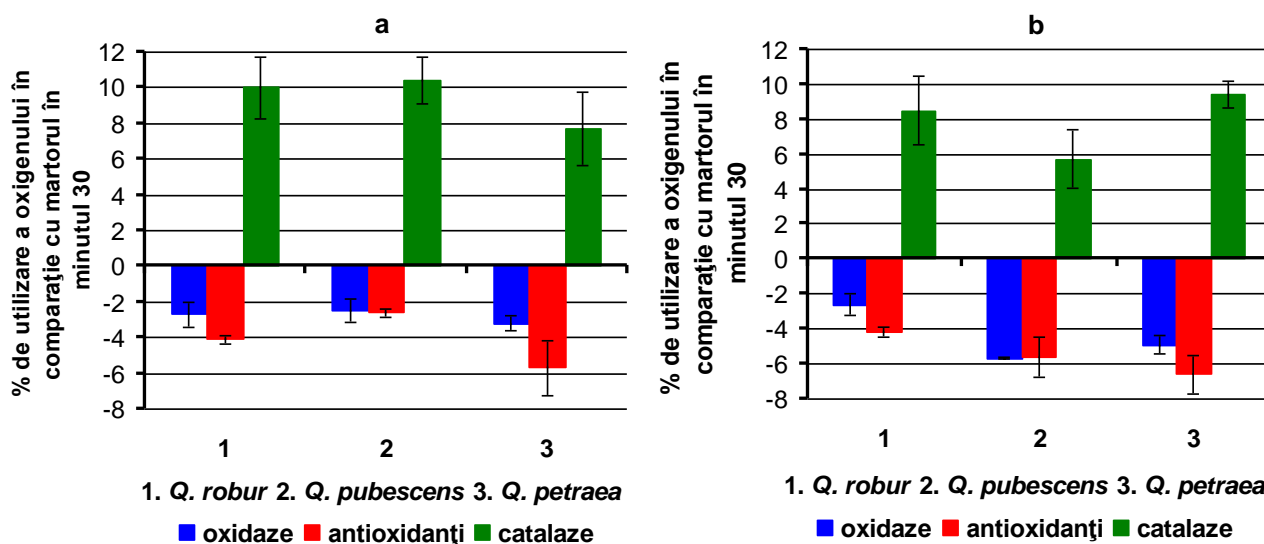


Figura 3. Activitatea sumară a catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante, extrase din mugurii apicali (a) și laterali (b) ai stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului colectați primăvara.

Comparând activitatea catalazelor din mugurii gorunului și stejarului pedunculat, s-au surprins diferențe evidente. Primăvara, la gorun, activitatea catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante în extractele din mugurii laterali este mai înaltă în comparație cu cea din mugurii apicali (Figura 3). La stejarul pedunculat diferențele dintre activitățile componentelor menționate la mugurii apicali și laterali din această perioadă au fost mai puțin pronunțate. Cele precizate denotă că la stejarul pedunculat s-au inițiat procesele de pierdere a dormanței la ambele tipuri de muguri;

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

la gorun, pierderea dormanței a fost mai activă în mugurii laterali atunci când în cei apicali activitatea maximă de eliminare a dormanței a fost deja realizată.

3.2. Variabilitatea interspecifică a activității antioxidante a componentelor chimici din muguri

În **Tabelul 1** sunt incluse datele referitoare la valorile relative ale activității de legare a oxigenului de către substanțele antioxidante din fracția 2 a extractelor din mugurii apicali și laterali. Acestea au fost determinate în baza procentului de oxigen în soluția de incubare la faza staționară. Datele prezentate în **Tabelul 1** demonstrează că extractele din mugurii speciilor de stejar manifestă capacitatea de a reduce semnificativ conținutul oxigenului în soluție. Această capacitate se manifestă mai pronunțat în extractele din mugurii prelevați pentru analiză în condițiile in vitro în perioadele de toamnă și primăvară.

Tabelul 1. Activitatea antioxidantă a substanțelor cu masa moleculară mică (fracția 2) în extractele din mugurii apicali și laterali

Varianta	Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția conținând fracția 2-a (substanțe cu masa moleculară mică)		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
Stejar pedunculat (<i>Quercus robur</i>)			
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
Gorun (<i>Quercus petraea</i>)			
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
Stejar pufos (<i>Quercus pubescens</i>)			
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: *extractele ale căror activitate antioxidantă o depășește semnificativ pe cea din mugurii alternativi (apicali sau laterali)

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

Doar la stejarul pufos nivelul de legare a oxigenului de către substanțele antioxidante a fost comparabil în extractele din mugurii prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara. În funcție de anotimp, diferențele dintre activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali și cei laterali a demonstrat tendințe diferite. La toate speciile, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii laterali a arătat o tendință de creștere primăvara. Totodată, extractele din mugurii laterali ai stejarului pufos au demonstrat o activitate antioxidantă semnificativ mai mare în comparație cu extractele din mugurii apicali. Este evident că primăvara, la gorun, activitatea reducerii oxigenului este mai intensă, atât la extractele din mugurii laterali, cât și la cei apicali. Iarna, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali ai gorunului a fost, dimpotrivă, mai scăzută. La toate cele trei specii, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii laterali a fost mai mare decât în mugurii apicali. În perioada de primăvară, în comparație cu cea de iarnă, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii gorunului s-a dublat. Se poate menționa că la gorun activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii prelevați pentru analiză primăvara a fost mai înaltă decât în extractele mugurilor prelevați toamna și, în special, iarna.

Pe marginea celor rezultate, se poate afirma că substanțele antioxidante cu masa moleculară mică joacă un rol important în transformarea speciilor reactive ale oxigenului care se formează în mod diferit în mugurii plantelor în dependență cu starea lor în diferite etape de dezvoltare. Ritmul acestor schimbări depinde de starea fiziologică a mugurilor. De exemplu, la sfârșitul celei de a doua decade a lunii octombrie, la gorun este evidentă depășirea semnificativă a activității antioxidante în extractele din mugurii apicali față de cei laterali. La această specie se manifestă și activitatea ridicată a catalazelor (**Figura 1**), fapt care sugerează o activitate mai înaltă a proceselor metabolice în mugurii apicali în comparație cu cei laterali. De aici rezultă că, în această perioadă, la gorun mugurii laterali au intrat deja în starea de repaus, pe când cei apicali sunt încă activi. În desfășurarea proceselor metabolice au fost implicate catalazele și substanțele antioxidante cu rol de anihilare a speciilor reactive ale oxigenului, care se formează ca urmare a activității înalte a metabolismului celular în mugurii apicali. Este interesant de menționat că la stejarul pufos activitatea substanțelor antioxidante în extractele din mugurii apicali a fost mai scăzută (semnificativ mai scăzută iarna și primăvara, **Tabelul 1**) în comparație cu cea din extractele din mugurii laterali. Totodată, indiferent de sezon, activitatea catalazelor a fost mai înaltă în extractele din mugurii apicali în comparație cu cea din mugurii laterali (**Figurile 1-3**).

Procesele de tranziție a mugurilor de la starea activă la dormanță și invers sunt influențate tot de activitatea oxidazelor. Rezultatele privind activitatea oxidazelor extrase din mugurii apicali și cei laterali se prezintă în **Tabelul 2**. Analizând datele incluse în **Tabelul 2** observăm că fracția substanțelor cu masă moleculară mare extrase din muguri demonstrează capacitatea de a lega oxigenul, capacitate specifică oxidazelor. Datorită acestui fenomen, conținutul relativ al oxigenului în extractele din muguri în timpul incubării substanțelor din fracția 1 s-a aflat în scădere. Ca regulă, activitatea oxidazelor extrase din muguri a fost cea mai joasă toamna, a crescut iarna și, îndeosebi, primăvara. În toate cele trei anotimpuri, extractele din mugurii apicali ai stejarului pufos au demonstrat o activitate a oxidazelor mai scăzută în comparație cu cea din mugurii laterali. S-a manifestat, de asemenea, 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 cei laterali s-au manifestat doar ca tendință și nu au fost semnificative din punct de vedere statistic (**Tabelul 2**).

Dascaluic et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

Tabelul 2. Activitatea oxidazelor din fracția substanțelor cu masa moleculară mare (fracția 1) a extractelor din mugurii apicali și laterali

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)
Stejar pedunculat (<i>Quercus robur</i>)			
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
Gorun (<i>Quercus petraea</i>)			
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
Stejar pufos (<i>Quercus pubescens</i>)			
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: * extractele ale căror activitate antioxidantă o depășește semnificativ pe cea din mugurii alternativi (apicali sau laterali)

Prin introducerea concomitentă a substanțelor macromoleculare (fracția 1 a extractelor) și a peroxidului de hidrogen în mediul de incubare s-a elucidat activitatea catalazelor din extract. Din datele incluse în **Tabelul 3** observăm că în faza staționară de incubare, conținând extractul din mugurii apicali și cei laterali, la adăugarea peroxidului de hidrogen în soluție, conținutul oxigenului în diferite variante a sporit în mod diferit. Sporul a fost cuprins între 6,0 și 12,8% în comparație cu martorul care, în mediul de incubare, a conținut doar soluția tampon și peroxid de hidrogen. Având în vedere faptul că reacția a avut loc în 1,6 ml de soluție, care conținea substanțe extrase din 0,1 g de muguri, se poate calcula cantitatea specifică de eliminare a oxigenului din extractul dintr-un gram de muguri. Soluția incubată la temperatura de 25 °C conține 5,98 μl de oxigen 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 de față, activitatea catalazelor extrase din 0,1 g de muguri a dus la eliminarea a 23,3-49,8 nM de oxigen.

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

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 laterali

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)
Stejar pedunculat (<i>Quercus robur</i>)			
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
Gorun (<i>Quercus petraea</i>)			
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
Stejar pufos (<i>Quercus pubescens</i>)			
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 regulă, activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali a fost mai înaltă în comparație cu cea din extractele de la mugurii laterali. Datele prezentate în **Tabelul 3** sugerează că activitatea catalazelor din extractele mugurilor stejarului pedunculat este relativ constantă, fiind foarte apropiată între extractele din mugurii apicali și 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.

4. DISCUȚII

Anual, plantele lemnoase din zona temperată trec prin cicluri sezoniere cu două etape: o perioadă de creștere în care condițiile de mediu sunt favorabile și o perioadă de repaus în timpul

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

iernii [27]. Starea de repaus, cunoscută sub denumirea de dormanță, permite arborilor să supraviețuiască condițiilor nefavorabile din timpul iernii [28]. Datorită însușirii de a intra în starea de repaus, mugurii arborilor devin mai rezistenți, tolerând temperaturile excesive și schimbările rapide ale temperaturii.

La speciile de stejar investigate, activitatea substanțelor antioxidante în extractele din muguri se modifică de la un sezon la altul. Toamna, activitatea catalazelor, oxidazelor și a substanțelor antioxidante în extractele din mugurii apicali ai stejarului pufos a scăzut în comparație cu cea caracteristică pentru mugurii apicali ai gorunului și stejarului pedunculat. În această perioadă, activitatea catalazei la gorun a fost cea mai înaltă, iar la stejarul pufos a fost cea mai joasă. Reiese că mugurii stejarului pufos intră mai timpuriu în starea repaus. Deosebiri menționate pot fi dependente atât de particularitățile biologice ale speciei, cât și, parțial, de localizarea spațială a arborilor în anumite suprafețele experimentale. Prin urmare, în perioada de toamnă, activitatea catalazelor la mugurii celor trei specii de stejar manifestă tendința să fie cu atât mai înaltă, cu cât crește altitudinea stațiunii forestiere în care aceste specii vegetează. De aici reiese că intrarea în dormanță este influențată de altitudine.

Primăvara, la stejarul pufos au fost observate diferențe mai mari, în ceea ce privește activitatea catalazei în extractele din mugurii apicali și cei laterali, decât la stejarul pedunculat și gorun. Totuși, în această perioadă, la specia respectivă, mugurii laterali se aflau într-o dormanță puțin mai profundă. Cele expuse sugerează că primăvara, la stejarul pufos, specificul proceselor metabolice se reflectă în întârzierea înmuguririi.

În perioadele critice, de trecere de la vegetația activă de vară către cea de toamnă, mai ales la instalarea repausului profund iarna, și la ieșirea din această stare primăvara, au loc procese de tranziție finalizate cu instalarea unui nivel nou al echilibrului biodinamic [29,30]. Dinamica proceselor de tranziție spre acest echilibru este diferită în mugurii apicali în comparație cu cei laterali, fiind specifică celor trei specii de stejar. Datele obținute de noi sugerează că tranziția, de la starea de vegetație către cea de repaus și invers, este asociată cu variația proceselor de oxidare și reducere, determinate atât de activitatea sistemelor enzimatică, cât și de cea a substanțelor antioxidante. Datorită faptului că, în perioada de trecere de la un anotimp la altul, activarea proceselor de oxidare și reducere în mugurii apicali are loc mai timpuriu decât în mugurii laterali, ieșirea din dormanță se produce, de asemenea, mai timpuriu. Toamna, procesele de inițiere a dormanței și a trecerii echilibrului biodinamic la un alt nivel au fost consemnate la stejarul pufos și stejarul pedunculat, atunci când la gorun fenomenul respectiv încă nu s-a inițiat. De aici rezultă că, la gorun, tranziția către starea de dormanță se realizează mai târziu în comparație cu cea proprie stejarului pedunculat și stejarului pufos.

În perioada de iarnă, substanțele antioxidante se consumă la detoxificarea speciilor reactive ale oxigenului, care apar în perioadele geroase. Iarna, la gorun și stejarul pufos, diferențele dintre activitatea substanțelor antioxidante din mugurii apicali și cei laterali au fost negative (**Tabelul 1**); aceste specii sunt, de altfel, puțin rezistente la ger. Primăvara, parametrul respectiv a avut valori negative pronunțate la mugurii stejarului pufos (care în perioada respectivă se afla încă în starea de repaus) și tindeau să devină pozitive la mugurii gorunului și stejarului pedunculat (la care s-au inițiat procesele de ieșire din dormanță).

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

În ansamblu, rezultatele obținute consemnează existența unor diferențe esențiale între speciile de stejar în ceea ce privește dinamica adaptării la condițiile de mediu în perioada de trecere de la un anotimp la altul. Proprietățile de adaptare la condițiile de mediu sunt tipice pentru fiecare specie de stejar. Stejarul pufos se distinge prin faptul că intră mai devreme și iese mai greu din starea de repaus. Activitatea substanțelor antioxidante demonstrează că primăvara și toamna, din punctul de vedere al derulării proceselor antioxidante în muguri, stejarul pufos se deosebește esențial de gorun, iar stejarul pedunculat ocupă o poziție intermediară. Activitatea proceselor antioxidante arată că, toamna, gorunul intră mai târziu în starea de repaus, iar primăvara iese mai timpuriu din această stare. Astfel, datele privind activitatea substanțelor antioxidante din muguri denotă că intrarea speciilor de stejar în starea de repaus toamna se manifestă în secvența stejar pufos - stejar pedunculat - gorun, iar ieșirea din dormanță se manifestă în ordinea gorun - stejar pedunculat - stejar pufos.

Cele prezentate denotă implicarea specifică a mecanismelor de anihilare a speciilor reactive ale oxigenului în mugurii stejarului pufos în comparație cu cele caracteristice pentru gorun și stejarul pedunculat. În general, datele obținute sugerează că activitatea antioxidantă sumară a componentelor enzimatică și non-enzimatică ale extractelor din mugurii celor trei specii de stejar incluse în cercetare este o caracteristică specifică a stării fiziologice a mugurilor. De regulă, activitatea antioxidantă se diminuează la mugurii aflați în dormanță. Totodată, raportul dintre activitatea componentelor enzimatică și non-enzimatică depinde de specie și anotimp. Pentru a elucida diferențele dintre specii cu privire la fenologia biochimică a mugurilor sunt necesare cercetări suplimentare, care să evalueze dinamica activității substanțelor antioxidante în perioada de tranziție a mugurilor de la dormanță către cea de desfacere a frunzelor. Modificarea dormanței mugurilor în această perioadă ar putea fi detectată determinând termo-toleranța mugurilor cu ajutorul metodei de scurgere a electroliților [18,19].

5. CONCLUZII

1. La speciile de stejar se manifestă diferențe în dinamica de adaptare la condițiile de mediu specifice diferitelor anotimpuri. Astfel, stejarul pufos, ca urmare a diminuării activității substanțelor antioxidante din muguri, intră mai devreme în repausul de toamnă. Primăvara, dimpotrivă, se manifestă mai târziu sporirea activității antioxidante în extractele din mugurii arborilor și ieșirea lor din dormanță. La cealaltă extremă se află gorunul, ai cărui muguri intră mai târziu în starea de repaus toamna și care primăvara iese mai timpuriu din dormanță;
2. Activitatea catalazelor din muguri, în condiții de iarnă, poate servi în calitate de indicator al rezistenței speciei la temperaturi joase. Din acest punct de vedere, stejarul pufos, în comparație cu stejarul pedunculat și gorunul, este specia mai puțin adaptată la condițiile iernii;
3. În celulele mugurilor apicali, primăvara, schimbările componentelor care determină potențialul oxido-reductiv se manifestă mai timpuriu în comparație cu cele din mugurii laterali. Această accelerare poate fi cauzată de eliminarea mai timpurie a dormanței mugurilor apicali în comparație cu cei laterali;

Dascaluic et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

4. Parametrii sumari ai activității substanțelor ce caracterizează potențialul oxido-reductiv în celulele mugurilor speciilor de stejar pot servi ca indicatori ai instalării dormanței mugurilor toamna și ai eliminării acesteia primăvara;
5. Determinând capacitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali și din cei laterali este posibilă aprecierea intrării în starea repaus toamna și ieșirea din dormanță, primăvara, a speciilor de stejar. Astfel, rezultatele obținute sunt de perspectivă pentru optimizarea cultivării speciilor de stejar în funcție de condițiile mediului și, în special, ale celor de relief.

MATERIALE SUPLIMENTARE

Nu este cazul.

FINANȚARE

Această lucrare nu a fost finanțată din exteriorul organizației.

MULȚUMIRI

Nu este cazul.

CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

ANEXE

Nu este cazul.

REZUMAT EXTINS - EXTENDED ABSTRACT

Title in English: *Seasonal oxido-reductive potential of the Quercus robur L., Quercus petraea Liebl. and Quercus pubescens Willd. buds*

Introduction: *In temperate zones, the multiannual plants are passing annually through seasonal cycles with two distinct stages: (1) the growing seasons, in which the favorable conditions ensure the active vegetation of plants; (2) the resting period during the late autumn, winter and early spring. The resting period is termed as “period of dormancy”, allowing plants to survive during seasons with low and negative temperatures. Induction of dormancy during autumn, survival during winter frosts, elimination of dormancy and initiation of growth during spring, are associated with metabolic and energetic processes, which include oxidative-reductive reactions and formation of the reactive oxygen species (ROS) in cells of plants’ buds. Prevention of damaging effects of ROS that are partially “leaking” from the metabolic cycles is achieved due to their reduction by the antioxidant substances, as well as due to the activity of enzymes that participate in oxido-reductive reactions. This study aimed to determine the activity of the metabolic and enzymatic system of ROS reduction during the autumn, winter and spring in apical and lateral buds of three oak species that are well spread in the Republic of Moldova.*

Material and methods: *The summary activity of oxidases, catalases and antioxidant substances in extracts from apical and lateral buds of Quercus robur L., Quercus petraea Liebl. and Quercus pubescens Willd., collected in the autumn, winter and spring was determined in this study. After crushing 0.1 g of buds in a porcelain mortar, the crushed*

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

material was extracted for 30 minutes, at 25 °C in 2 ml of buffer containing 0.2 M Tris, pH 7. Later, the extracts were centrifuged for 15 minutes at 4000 g. The supernatant was separated and passed through mini-column filled with Sephadex G25, the elute being separated into two fractions: one containing high molecular weight substances (fraction 1), and one containing low molecular weight substances (fraction 2). In all the experiments done by using a YSI oximeter (USA), the dynamic of oxygen content reduction in test solutions (containing substances of fraction 1 or 2) and blank solution (it contained only 1.6 ml of buffer) was determined, resulting in the summary of enzymatic activity of catalases and oxidases in fraction 1 and antioxidative activity of substances in fraction 2.

Results and discussions: The dynamics of adaptation to the environmental conditions that are characteristic for autumn, winter and spring was different in three oak species taken into study. Due to the specific activity of antioxidant substances, the buds of *Q. pubescens* fall earlier into dormancy in the autumn and come out later from this state in the spring. On contrary, *Q. petraea* buds fall later in dormancy in the autumn and come out earlier from this state in the spring. During the winter period, the antioxidant activity of extracts from the apical and lateral buds of *Q. pubescens* and *Q. petraea*, suggests that in the buds of these two species the metabolic processes are displaced from the biodynamic equilibrium compared with that characteristic to buds of *Q. robur*. This parameter, as well as the activity of catalase in extracts from buds, proves that *Q. pubescens* and *Q. petraea* are less resistant to winter conditions in comparison to *Q. robur*, which is a species better adapted to the frost. The changes in the activity of components that determine the oxido-reductive potential in cells of apical buds in the spring appear to be induced earlier compared to those in the lateral buds. This was proven by the earlier elimination of apical buds' dormancy compared to that in the lateral buds. The manifestation of seasonal changes in the activity of annihilation of ROS in *Q. pubescens* buds was evident when compared to that characteristic to the buds of the rest of oak species supporting the hypothesis of lesser resistance to the frost of this oak species. As a rule, antioxidant activity diminished in the buds that were in a state of dormancy. At the same time, the ratio of the enzymatic and non-enzymatic components depended on species and season. Generally, the obtained results support the assumption that summary antioxidant activity of the enzymatic and non-enzymatic components of the buds can be a reliable characteristic of the physiological state in different seasonal conditions.

Conclusions: (1) The dynamics of adaptation to specific seasonal environmental conditions of the three species was different; (2) In winter, the activity of catalases in buds can serve as an indicator of species resistance to frost. In this aspect *Q. pubescens* is known as a species less adapted to the winter conditions, compared to *Q. petraea* and *Q. robur*; (3) In spring, the changes in the activity of components that determine the oxido-reductive potential were earlier in the cells of apical buds, compared to those in the lateral ones. This may be caused by the early removal of the apical buds' dormancy as compared to the lateral buds; (4) The activity of substances that characterize the oxido-reductive potential in buds may serve as indicators of the installation of buds' dormancy during autumn and its removal during the spring; (5) Determining the antioxidant capacity of extracts from apical and lateral buds gives the opportunity to estimate the length of dormancy period. Therefore, the results have the potential to support the management of oak species according to the environmental conditions.

Keywords: Oaks; Buds; Oxido-Reductive Potential; Season.

REFERINȚE

1. Hasselman K., 1997: Climate change research after Kioto. *Nature* 390, 225-226.
2. Giurgiu V., 2004: Silvologie. Dezvoltarea durabilă a pădurilor României. Editura Academiei de Științe, Vol. III B., București, 230 p.
3. Cuza P., 2017: Instalarea și menținerea speciilor de stejar (aspecte teoretice și practice). Editura Mediul ambiant, Chișinău, 246 p.
4. Barbu I., Curcă M., Barbu C., Ichim V., 2016: Adaptarea pădurilor României la schimbările climatice. Editura silvică, București, 479 p.

Dascaluic et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

5. Bolte A., Ammer C., Löf M., Madsen P., Nabuurs G., Schall P., 2009: Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24, 473-482.
6. Reif A., Bruckner U., Kratzer R., Schmiedinger A., Bauhuns J., 2010: Forest management in times of climate change-synergies and potential conflicts between forestry and nature conservation. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 42, 261-266.
7. Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., 2007: Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, 448, 461-465.
8. Wang S., Faustb M., 1988: Metabolic activities during dormancy and blooming of deciduous fruit trees. *Israel Journal of Botany*, 37, 227-243.
9. Postolache G., 1995: *Vegetația Republicii Moldova*. Editura Știința, Chișinău, 340 p.
10. Cuza P., Florență G., 2017: Antioxidant activity of substances extracted from buds of the trees of spontaneous oak species. *Journal of Botany*, Vol. IX., 2(15), 96-103.
11. Doniță N., Ursu A., Cuza P., Țicu L., Bușmachi G., Ostaficiuc V., 2007: Cercetarea ecosistemelor forestiere din rezervația „Plaiul Fagului”. Editura Universul, Chișinău, 176 p.
12. Enicova E.I., 1976: *Telermanovschii les i ego vostanovlenie*. Izdatelistvo Voronejscoغو Universiteta. Voronej, 214 p.
13. Kuster T.M., Bleuler P., Arend M., Günthardt-Goerg M.S., Schulin R., 2011: Soil water, temperature regime and growth of young oak stands grown in lysimeters subjected to drought stress and air warming. *Bulletin BGS*, 32, 7-12.
14. Cuza P., 2008: Capacitatea de adaptare a frunzelor stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) în funcție de doză și durata fracționării dozelor șocului termic. *Mediul ambiant*, 6(42), 23-26.
15. Dascaluic A., Cuza P., 2008: Specificul adaptării frunzelor stejarului pedunculat (*Quercus robur* L.) la șocul termic în funcție de valoarea temperaturii și durata de acțiune. *Mediul ambiant*, 3(39), 34-37.
16. Dascaluic A., Cuza P., 2011: Capacitatea de adaptare a aparatului fotosintetic al speciilor de stejar (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) la acțiunea temperaturilor înalte. *Mediul ambiant*, 2(56), 33-36.
17. Levitt J., 1980: *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press. New York, 568 p.
18. Cuza P., 2010: Determinarea termotoleranței frunzelor la diferite specii de stejar răspândite în Republica Moldova. *Mediul ambiant*, 4(52), 32-48.
19. Dascaluic A., Cuza P., 2007: Determinarea termotoleranței la gorun și stejarul pedunculat cu ajutorul metodei de scurgere a electroliților. *Mediul ambiant*, 6(36), 27-31.
20. Florență G., 2014: Potențialul oxido-reductiv ai extractelor din mugurii arborilor de stejar pufos (*Quercus pubescens* Willd.) din diferite zone ale Republicii Moldova. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Seria „Științele vieții”* 2(323), 67-75.
21. Breusegem F.V., Vranova E., Dat J.F., Inze D., 2001. The role of active oxygen species in plant transduction. *Plant Science* 161, 405-414.
22. Saure M.C., 1985: Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*, 7, 239-300.

Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

23. Hasanuzzaman M., Hossain M.A., Teixeira da Silva J.A., Fujita M., 2012: Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: Antioxidant defense is a key factor. *Stress and its management: Perspectives and strategies*, 261-315.
24. Amorati R., Valgimigli L., 2018: Methods to measure the antioxidant activity of phytochemicals and plant extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(13), 3324-3329.
25. Giurgiu V., 1972: Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură. Editura Ceres, București, 567 p.
26. Prasad T.K., Anderson M.D., Martin B.A., Stewart C.R., 1994: Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*, 6, 65-74.
27. Rohde A., Bhalerao R.P., 2007: Plant dormancy in the perennial context. *Trends in Plant Science* 12, 217-223.
28. Faust M., Erez A., Rowland L.J., Wang S.Y., Norman H.A., 1997: Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *Hort Science*, 32, 623-629.
29. Calabrese E.J., Mattson M.P., 2011: Hormesis provides a generalized quantitative estimate of biological plasticity. *Jurnal Cell Commun Signal*, 5, 25-38.
30. Demirovic D., Rattan S.I.S., 2013: Establishing cellular stress response profiles as biomarkers of homeodynamics, health and hormesis. *Experimental Gerontology*, 48, 94-98.