

FIZIOLOGIA I BIOCHIMIA PLANTELOR

MODIFICAREA INTERRELA IILOR DINTRE ORGANELE PLANTELOR DE ZEA MAYS L. ÎN CONDI II DE SECET

tefir Anastasia, Melenciuc M., Buceaceaia Svetlana, Brânz Lilia, Aluchi N.

Institutul de Genetic i Fiziologie a Plantelor al Academiei de tiin e a Moldovei

Rezumat

S-a demonstrat, că stresul hidric și oxidativ, condiționat de secetă, cauzează perturbări în interrelațiile funcționale dintre organe ca consecință a deosebirilor principale ale gradului de modificare a parametrilor status-ului apei, destrucțiilor oxidative și schimbării activității enzimelor antioxidative în organele plantelor. Deosebit de afectate de impactul secetei sunt rădăcinile; tulpinile, însă, reprezintă o zonă cu status hidric relativ stabil, având, probabil și o funcție de protecție a meristemelor organelor generative.

S-a confirmat ipoteza conform căreia apa este factorul antrenat în reglarea activității funcționale a plantei ca organism integru, contribuie la menținerea relațiilor coordonate dintre organe și îndeplinește, de rând cu alți factori, funcția de integrare la nivel nu numai celular, dar și de organism.

Cuvinte-cheie: status-ul apei - stres oxidativ - enzyme antioxidative – organe – plante - legături corelative.

Abrevieri: AscPX –ascorbatperoxidaza; CA – conținutul de apă; CAT –catalaza; CRA – capacitatea de reținere a apei; GwPX – guaiacolperoxidaza; DAM-dialdehida malonică; DS – deficitul de saturație; IT – intensitatea transpirației; OPL - oxidarea peroxidică a lipidelor; Ψ_w – potențialul apei; SO - stres oxidativ: SOD – superoxid dismutaza; SRO - speciile reactive de oxigen.

Depus la redac ie 12 iulie 2012

Adresa pentru coresponden : Anastasia Ștefirtă, Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor al Academiei de Științe a Moldovei, str. Pădurii 20, MD 2002, Chișinău, Republica Moldova, e-mail: anastasia.stefirta@gmail.com, tel : (+373 22) 53 59 90

Introducere

Seceta (în sensul de deficit de umiditate în sol și/sau atmosferă) în combinație cu arșița și radiația solară pune sub mare pericol supraviețuirea și productivitatea plantelor. Un deficit de apă sever și de lungă durată este mai rar dar catastrofic pentru agricultură, de aceea cunoașterea mecanismelor de adaptare și rezistență a plantelor este de importanță vitală în aspectul managementului practic și eforturilor de preîntâmpinare a pagubelor provocate de schimbarea climei [18]. Studiarea particularităților morfo-funcționale, asociate cu rezistența plantelor la condiții nefavorabile, se află în centrul atenției savanților în întreaga lume, fapt confirmat de multitudinea și varietatea publicațiilor la această temă cu tangențe la concepția despre toleranța și productivitatea plantelor de cultură [1; 10; 14; 17; 24]. Se știe, că schimbările mediului planta le percepe ca organism integru și rezistența la acțiunea stresogenă a acestuia se manifestă prin capacitatea de a păstra integritatea funcțională a organelor [4]. Formarea complexelor adaptive se datorează proprietății organismului de coordonare a proceselor fiziologice și menținere a integrității morfo-funcționale pe parcursul ontogenezei [2; 20]. Până în prezent nu există o părere unică care ar explica cauza pieririi sau toleranței plantelor la acțiunea stresogenă unilaterală sau complexă a condițiilor nefavorabile. Nu se cunoaște caracterul schimbării relațiilor interactive ale principalelor sisteme funcționale în procesul adaptării plantelor [28]. În acest context investigațiile date au fost subordonate *evidențierii gradului de perturbare a relațiilor funcționale dintre organe și depistarea vulnerabilității lor la impactul secetei.*

Materiale i metode

În calitate de obiecte de studiu au servit plante de *Zea mays* L., cultivarele P458 și XSP515 cu potențial diferit de rezistență la secetă. Experiențele s-au realizat în condiții de umiditate dirijată în Complexul de vegetație al Institutului de Genetică și Fiziologie a Plantelor al AȘM. Analizele au fost efectuate pe plante, crescute în containere Mitcerlih cu capacitatea 30 kg sol absolut uscat în perioada critică a plantelor – în timpul paniculării plantelor.

Schema experien elor cuprindea variantele: a) Martor – plante pe fond de umiditate permanent optimă, 70% CTA; b) Secetă – schimbarea umidității 70 - 30% CTA la etapele a IV-a - V-a a ontogenezei plantelor. Durata stresului hidric 7 zile.

Parametrii status-ului apei s-au determinat prin metode clasice [27]; intensitatea OPL s-a testat prin determinarea spectrofotometrică a produsului final dialdehidei malonice (DAM), utilizând testul cu acidul tiobarbituric. Activitatea enzimelor cheie de protecție antioxidantivă s-a determinat prin metoda spectrofotometrică: SOD - prin metoda Чевари С., Чаба И., Секей [30]; CAT s-a apreciat conform metodei Chance B. și Machly A. (5) prin determinarea spectrofotometrică la λ 240 nm a descompunerii H_2O_2 ; GwPX - după intensitatea oxidării guaiacol (2 – metoxi – fenol) ca donator de hidrogen în prezența H_2O_2 , la λ 470 nm; AscPX – prin monitorizarea ratei de oxidare a ascorbatului la λ 290 nm [15]. Despre perturbările relațiilor funcționale dintre organe s-a conchis după valoarea DS, CA, și Ψ_w organelor; după valoarea DAM și activitatea enzimelor antioxidative. Analiza statistică a datelor - cu ajutorul setului de programe „Statistica7” pentru computer, utilizând Basic Statistics.

Rezultate i discu ii

Se știe, că frunza, rădăcina sau alt organ, care recepționează acțiunea unui factor concret din mediul extern, poate, ca un donator al semnalului, să transmită reacția sa în formă de informație concretă altei frunze, sau altui organ al plantei nemijlocit sau prin intermediul unui alt organ, care posedă funcții reglatoare. Această proprietate presupune capacitatea organismului vegetal de coordonare și integrare a funcțiilor în mediu fluctuant. În urma studierii particularităților interacțiunii diferitor părți funcționale ale organismului în condiții de secetă s-a stabilit că, reacția organelor la stresul hidric condiționat de insuficiența de apă în sol (30% CTA, 7 zile) este diferită ca intensitate (tabl.1). În condiții optime de aprovizionare cu apă rădăcinile plantelor de porumb hibrid P458 și X5P515 după conținutul de apă nu se deosebesc semnificativ. La tensionarea regimului de umiditate și instalarea secetei gradul de hidratare a rădăcinilor plantelor în zona absorbantă scade considerabil (tab. 1). Astfel, după 7 zile de insuficiență de umezeală în sol CA în țesuturile rădăcinilor plantelor hibrid P458 s-a redus cu 19,75 %, față de același indice la plantele martor, și cu 22,29 % - la plantele X5P515 (tab. 1). Remarcabil este faptul, că neajunsul de umezeală din sol a condiționat reduceri mult mai prompte a conținutului de apă în rădăcini în comparație cu efectul produs asupra frunzelor și, mai cu seamă, asupra tulpinilor (tabl.1).

Gradul de deshidratare a rădăcinilor, tulpinilor și frunzelor, condiționat de secetă, a constituit la cv. P4584 19,45 – 0,91 și 3,03 % comparativ cu hidratarea organelor plantelor martor. Hidratarea țesuturilor tulpinilor a rămas aproape neschimbată, înregistrându-se numai o tendință de micșorare. Același caracter al schimbărilor a avut loc și în status-ul apei plantelor de X5P515, la care seceta a cauzat o reducere a gradului de hidratare cu 22,3; 1,33 și 6,14 % respectiv în rădăcini, tulpini și frunze. Reprezentanții cv. P458 se deosebeau prin valori comparativ mai mici ale deficitului de saturație a sistemului radicular. La acestea după 7 zile de stres valoarea deficitului de saturație a constituit 155,89% față de martor, pe când deficitul de saturație apărut în rădăcinile plantelor cv X5P515 în condiții de secetă atinge valoarea de 205,69 % comparativ cu plantele martor. Faptul că sistemul radicular al plantelor P458 în condiții de umiditate redusă în sol pierd mai puțină apă decât cv. X5P515 permite de presupus,

că primele posedă sistem radicular cu capacitate mărită de reținere și/sau absorbție a apei. După cum reiese din datele tabelii 1 rădăcinile plantelor de *Zea mays* L. P458 neadaptate la secetă (varianta 70 %CTA) după 2 ore de deshidratare experimentală rețin în țesuturi din rezerva totală de apă 70,18 g apă în 100 g m.p., plantele de pe fondul de umiditate insuficientă rețin 50,17g din conținutul inițial de apă.

Tabelul 1. Caracteristica unor parametri ai status-ului apei plantelor de *Zea mays* L. expuse ac iunii secetei.

Variante, umiditatea, %CTA	Organe	CA, g· 100 g ⁻¹ m.p.	DS, % de la sat. deplin	CRA, apa re inut , g·100g ⁻¹ m.p.	IT, mg · dm ⁻² · h ⁻¹
cv.P458					
Optim, 70	frunze	80,80 ± 0,44	1,68 ± 0,11	76,63 ± 0,20	834,42 ± 8,29
	tulpini	89,93 ± 0,54	2,56 ± 0,22	88,53 ± 0,12	
	rădăcini	89,00 ± 0,31	12,47 ± 0,17	70,18 ± 0,34	
Secet , 30	frunze	78,35 ± 0,33	19,81 ± 0,38	76,29 ± 0,11	318,48 ± 6,77
	tulpini	89,11 ± 0,31	7,29 ± 0,13	88,00 ± 0,10	
	rădăcini	73,60 ± 0,22	19,44 ± 0,14	50,17 ± 0,59	
cv. X5P515					
Optim, 70	frunze	78,02 ± 0,40	2,33 ± 0,15	73,06 ± 0,23	907,67 ± 15,3
	tulpini	88,45 ± 0,31	2,74 ± 0,13	86,97 ± 0,11	
	rădăcini	87,09 ± 0,56	13,01 ± 0,09	70,56 ± 1,17	
Secet , 30	frunze	73,23 ± 0,65	30,73 ± 0,27	70,45 ± 0,12	286,63 ± 11,1
	tulpini	87,27 ± 0,48	8,47 ± 0,49	86,07 ± 0,13	
	rădăcini	67,68 ± 0,18	26,76 ± 0,20	44,97 ± 0,87	

Capacitatea de reținere a apei în țesuturile sistemului radicular al reprezentanților X5P515 a înregistrat valori de : 70,56 și 44,97 g·100g⁻¹ m.p. Rezultatele studiului au scos în evidență faptul că plantele cv. X5P515 au capacitatea de reținere a apei mai redusă comparativ cu plantele P458. Spre deosebire de rădăcini, care, după cum a fost relatat mai sus, î-și pierd proprietatea de a-și majora capacitatea de reținere a apei la apariția situațiilor de stres, viteza de pierdere a apei din tulpini și frunze se modifică semnificativ. La plantele P458, expuse secetei cantitatea de apă reținută de 100g m. p. de tulpini și frunze constituie respectiv 88,00 și 76,29 g. Organele respective ale plantelor X5P515 în aceleași condiții rețin 86,07 în tulpini și 70,45 g apă în 100g m.p. de frunze. Unii autori [25; 33] au demonstrat, că proprietatea plantelor de a-și schimba capacitatea de reținere a apei în țesuturi este un indice care reflectă schimbările adaptive și corelează cu rezistența la secetă. Analizând prin prisma acestui concept rezultatele experimentale obținute de noi se poate de concluzionat că organele plantelor de *Zea mays* L. posedă însușiri diferite de reglare a homeostazei hidrice și, prin urmare, și sensibilitate diferită la acțiunea factorului stresogen. Supraviețuirea plantelor în condiții de secetă depinde atât de activitatea sistemului radicular, cât și de rezervele de apă din rădăcini și tulpini. S-a demonstrat, că apa acumulată în tulpini în timpul nopții se folosește, când apare

un dezechilibru în absorbția ei din sol și consumul prin transpirație. Datele obținute în studiul de față confirmă ideea lansată în lucrarea [32] despre faptul, că tulpinile și conul de creștere posedă însușiri de autoreglare și menținere a status-ului apei mai mari decât frunzele și rădăcinile. Astfel de modificări sunt orientate spre asigurarea cu apă a meristemelor și țesuturilor în creștere, - în cazul de față, a meristemelor inițierii știuletelui - și sunt condiționate de sporirea capacității de atracție și reținere a apei [3].

Deci, deshidratarea sistemului radicular, și stoparea activității de absorbție, se răsfrânge în mod diferit asupra status-ului apei în tulpini și frunzele plantelor de *Zea mays* L. (tab. 1). După 7 zile de la apariția unui deficit de umezeală în sol, egal cu 1.3-1.5 coeficient de ofilire, are loc o reducere a hidratării țesuturilor sistemului radicular de 3,63 - 6,52 ori mai puternică comparativ cu gradul de deshidratare a frunzelor. Neajunsul de umezeală în sol condiționează schimbări mai puțin profunde în gradul de hidratare a țesuturilor tulpinilor, comparativ cu modificările conținutului de apă în rădăcinile și frunzele aceluiași plante. Are loc homeostatarea evidentă a hidratării tulpinilor spre deosebire de frunze și, mai cu seamă, în comparație cu rădăcinile.

Toleranța la secetă a multor plante este asociată cu reactivitatea stomatelor. Din datele obținute urmează că apariția deficitului de umiditate în sol induce restricții evidente a consumului de apă în procesul transpirației. Astfel, scăderea umidității solului până la nivelul de 30% CTA a provocat o diminuare cu 515,94 – 621,04 mg apă pe oră de pe o unitate de suprafață de frunze de 1 dm⁻². Intensitatea procesului scade de 3,2 ori la plantele intolerante și de 2,6 ori la cele tolerante.

Prin urmare, seceta prin tensionarea regimului de umiditate, condiționează un dezechilibru în aprovizionarea cu apă a organelor plantelor de *Zea mays* L. În urma sensibilității diferite a rădăcinilor, tulpinilor și frunzelor are loc o redistribuire a rezervelor de apă în organe, și modificarea relațiilor dintre ele. Organele plantelor de *Zea mays* L. posedă însușiri diferite de reglare a homeostazei hidrice și, deci, și sensibilitate diferită la acțiunea factorului stresogen.

Decalajul în proprietatea diferită a organelor de autoreglare a status-ului apei cauzează un dezechilibru semnificativ în schimbul de apă la nivel de organism. Datele obținute au confirmat postulatul, că acțiunea nefavorabilă a factorilor externi asupra unui organ induce schimbări în procesele vitale ale tuturor organelor, ceea ce dovedește existența legăturilor corelative și de integrare la nivel de organism. Pe de altă parte, se întrevede rolul tulpinilor în homeostatarea status-ului apei organelor supratereștre și, în special, a meristemelor de inițiere a știuletelui. Această idee este susținută indirect și de rezultatele cercetărilor efectuate de I. Covtun, N. Goisa, B. Mitrofanov (1990), care a demonstrat rata preponderentă a tulpinilor în fotosinteza plantelor de grâu la afectarea aparatului foliar de către secetă, precum și de I. Șmatico și coaut. (1989), care au constatat schimbări mai puțin evidente în acumularea biomasei tulpinilor, comparativ cu diminuarea masei frunzelor în condiții de secetă. Sistema hidrică a plantei integre reacționează ca un continuu, în care schimbările status-ului apei într-un organ inevitabil sunt recepționate de alte organe.

Cu siguranță e stabilit, că orice acțiune stresogenă asupra organismului are drept urmare apariția stresului oxidativ [29; 31]. Mulți autori [6] sunt de părerea că intensitatea procesului de oxidare peroxidică a lipidelor, apreciată după produsul final – dialdehidă malonică, poate servi drept indice obiectiv al apariției stresului oxidativ, degradării

membranelor celulare și rezistenței plantelor la factorul nefavorabil. Majoritatea cercetărilor consacrate evaluării efectelor SRO și SO la plante sunt realizate pe frunze, cu toate că se știe, că rezistența plantelor la mulți factori nefavorabili depinde în mare parte de activitatea sistemului radicular. În acest context a prezentat interes determinarea conținutului dialdehidei malonice în organele plantelor ca test-criteriu al destrucțiilor oxidative. Cu certitudine s-a stabilit, că sub influența secetei are loc o erupție a formelor reactive de oxigen și intensificare a oxidării peroxidice a lipidelor în toate organele plantelor (tab.2). În frunzele plantelor P458 și X5P515 oxidarea peroxidică a lipidelor a înregistrat o creștere respectiv cu 14,55 și 16,70 % ; în tulpini – cu 4,62 și 13,55, pe când în rădăcini OPL a atins valori de 24,08 și 39,50 la sută. În rădăcini intensitatea oxidării peroxidice a lipidelor a crescut de 1,65 – 2,36 ori mai mult ca în frunze și de 2,91 – 5,21 ori – decât în tulpini. Deci, atunci când acțiunea factorului nefavorabil este direcționată asupra rădăcinilor, o urmare a deshidratării puternice a acestora este majorarea autentică a destrucțiilor oxidative mult mai pronunțată decât în frunze și, în deosebi, decât în tulpini. Probabil, diferențele intensificării proceselor peroxidative în frunze, tulpini și rădăcini se datorează atât proprietății diferite de menținere a gradului de hidratare a țesuturilor în condiții de secetă cât și gradului diferit de activizare a enzimelor de protecție antioxidantă (fig. 1).

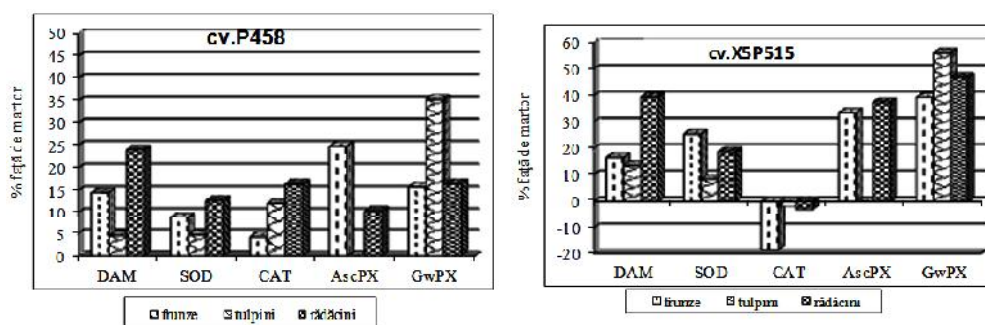


Fig. 1. Gradul de modificare a indicilor stresului oxidativ (% față de martor) în organele plantelor de *Zea mays* L sub influența secetei.

Informația din literatura de specialitate arată, că insuficiența de apă în sol și temperatura ridicată a aerului poate avea un impact drastic asupra activității enzimelor antioxidative, favorizând acumularea radicalilor liberi [7; 11]. Prin cercetări precedente [21; 22] s-a stabilit, că pentru activitate maximă și bine corelată enzimele antioxidative necesită un anumit nivel de hidratare. Deshidratarea țesuturilor mai jos de pragul critic poate induce inactivarea acestora. Analiza comparativă a influenței secetei însoțită de arșiță asupra gradului de deshidratare și activității SOD și CAT în frunzele plantelor slab rezistente X5P515 a permis de presupus, că acești fermenți au diferită sensibilitate față de gradul de hidratare: dacă activitatea SOD se păstrează la un nivel relativ înalt și după 10 zile de deficit de umiditate (30% CTA), atunci activitatea CAT diminuează deja după 3-7 zile. În investigațiile de față s-a înregistrat o reacție principală diferită a sistemului enzimatic antioxidant în rădăcinile, tulpinile și frunzele plantelor expuse secetei (tab.2; fig.1).

Activitatea sumară a SOD, CAT și AscPX în rădăcinile plantelor cv.P458 s-a majorat cu 12,8 ; în tulpini –cu 5,0 și în frunze –cu 9,9 % față de activitatea sumară a

acestor enzime în organele plantelor martor. La plantele X5P515 seceta a condiționat o majorare a activității acestor enzime cu: 18,0 – 8,15 – 11,74 % respectiv. S-ar părea, că protecția antioxidantivă se manifestă bine la ambele genotipuri.

Tabelul 2. Influen a condi iilor de umiditate asupra oxid rii peroxidice a lipidelor i activit ii enzimelor de protec ie antioxidantiv în organele plantelor de *Zea mays* L.

Cultivar	Variante, % CTA	Enzime	DAM	SOD	CAT	AscPO	GwPO
		Organ					
P458	70% CTA	<i>r d cina</i>	7,6±0,3	81,6±0,9	2,5±0,08	2,8±0,02	432,8±2,4
		<i>tulpina</i>	9,3±0,1	66,1±0,4	1,3±0,02	0	17,0±0,1
		<i>frunze</i>	23,0±0,5	88,4±0,5	5,1±0,07	8,04±0,07	78,4±0,9
	30% CTA	<i>r d cina</i>	9,5±0,3	912,0±0,6	2,9±0,03	3,1±0,045	504,1±3,2
		<i>tulpina</i>	9,7±0,2	69,3±0,3	1,5±0,04	0	23,0±0,6
		<i>frunze</i>	26,3±0,3	96,2±0,5	5,3±0,04	10,0±0,1	90,84±0,7
X5P515	70% CTA	<i>r d cina</i>	8,1±0,2	75,6±0,4	2,7±0,07	2,5±0,04	381,7±3,8
		<i>tulpina</i>	11,1±0,2	66,3±0,6	2,2±0,01	0	34,0±0,2
		<i>frunze</i>	23,3±0,4	87,8±1,0	5,3±0,04	8,1±0,03	140,7±0,9
	30% CTA	<i>r d cina</i>	11,2±0,2	89,9±0,4	2,6±0,11	3,4±0,02	560,8±1,6
		<i>tulpina</i>	12,6±0,5	71,9±0,3	2,1±0,03	0	53,0±0,2
		<i>frunze</i>	27,2±0,6	97,9±0,4	4,3±0,01	10,8±0,1	196,2±1,6

Totuși în organele genotipului rezistent și genotipului sensibil la secetă s-au înregistrat diferențe semnificative în gradul de intensificare a enzimelor responsabile de neutralizarea peroxidului de hidrogen, rezultat în urma dismutării superoxid radicalilor de către superoxid dismutază. Dacă la cv. P458 seceta a indus o intensificare a activității CAT cu 16,5 – 12,2 - 4,31 la sută în rădăcini, tulpini și frunze, la cv. X5P415 în a 7-ea zi de secetă a avut loc o reducere a activității enzimei cu -2,96; -1,84 și -18,49 % comparativ cu activitatea enzimei în organele plantelor martor. În același timp activitatea AscPX a crescut cu 10,32 și 24,88% în rădăcinile și frunzele genotipului rezistent și cu 37,55 și 33,46 % respectiv la cv. X5P515. Se cere de menționat că în tulpinile plantelor de *Zea mays* L nu s-a depistat activitatea AscPX (tab.2, fig. 1). În conformitate cu opiniile Scandalios J.G.(1993) și M. Hernandez cu coautorii (2010), catalaza și ascorbatperoxidaza sunt cele mai efective enzime de protecție antioxidantivă și de preîntâmpinare a destrucției celulelor în condiții nefavorabile. În baza acestei informații și datelor obținute în studiul prezent se poate de concluzionat, că deficitul de apă cauzează un declin profund a activității CAT în organele plantelor sensibile, în deosebi de semnificativ în frunze. De aici reiese, că deshidratarea țesuturilor are drept urmare un dezechilibru dintre producția oxigenului activat și protecția antioxidantivă, în deosebi de semnificativ în frunzele și rădăcinile genotipului intolerant. La analiza comparativă a gradului de activizare a SOD, enzimei cheie de „stingere” a superoxid radicalilor, și gradului de majorare a conținutului DAM, s-a constatat o modificare neechivalentă a parametrilor. În rădăcinile, tulpinile și frunzele plantelor cv. P458

conținutul DAM s-a majorat cu 24,08- 4,61 -14,55 la sută, iar activitatea SOD a crescut cu :12,75 – 4, 75 -8,86 % respectiv.

Deci, conținutul DAM a înregistrat o majorare de 1,9; 0,97 și 1,6 ori mai mare decât sporirea activității SOD. La plantele sensibile la stresul hidric s-a înregistrat o sporire a activității SOD cu 18,87 în rădăcini și cu 12,27 – în frunze, pe când conținutul DAM s-a majorat cu 39,5 și 16,7 %. Cu alte cuvinte, conținutul DAM a crescut de 2,1 și 1,3 ori mai repede decât are loc sporirea activității SOD. Prin urmare, gradul de activizare a enzimelor de protecție antioxidantă în condiții de secetă nu este suficient pentru neutralizarea speciilor reactive de oxigen, ceea ce conduce la intensificarea oxidării peroxidice a lipidelor și distrucția structurilor celulare. Aceste evenimente se manifestă în deosebi de evident în rădăcini și relativ mai slab în frunze. Tulpinile, la nivelul inițierii știuletelui reprezintă o zonă tampon, care, datorită proprietății de homeostatare a apei și menținere a gradului de hidratare, au capacitatea de a stabili atât conținutul DAM cât și activitatea enzimelor de protecție antioxidantă. Acestea în condiții de secetă sunt mai puțin afectate.

După cum se știe, în afară de CAT și AscPX în neutralizarea peroxidului de hidrogen sunt implicate 4 peroxidaze, ce utilizează ca substrat compușii fenolici, precum guaiacolul [9;12; 13; 16]. Datele obținute în lucrarea de față demonstrează o majorare semnificativă a activității GwPX în organele ambilor hibrizi (tab. 2; fig.1). Totodată, activitatea totală a GwPX a demonstrat schimbări semnificative sub influența secetei în funcție de organ și genotip. Cele mai mari modificări s-au înregistrat în rădăcini și frunze, în deosebi de semnificative la genotipul sensibil la secetă. Amplitudinea intensificării activității GwPX în condiții de secetă a constituit la cv. P458: în frunze – 12,42.; în tulpini – 6,02 și în rădăcini – 71,32 mM· g⁻¹ m.p. În organele plantelor sensibile s-a înregistrat o activitate GwPX mai mare decât la plantele martor respectiv cu: 55,43; 19,08 și 179,08 mM· g⁻¹ m.p. (tab.3). Analiza rezultatelor experimentale argumentează antrenarea GwPX atât în procesele de protecție antioxidantă cât și în mecanismele de inhibare a creșterii plantelor în condiții de secetă. S-a depistat existența unor interrelații strânse negative între gradul de modificare a activității enzimei și de reducere a acumulării biomasei organelor plantelor. Astfel coeficientul de corelare (r) a acestor parametri la plantele cv. P458 este: -0,99 - în rădăcini; - 0,89 - în tulpini; - 0,80 – în frunze. La plantele X5P515 acest coeficient era de: - 0,77; - 0,72 și de - 0,89 respectiv.

Deci, rezultatele au confirmat ipoteza, că stresul hidric și oxidativ, condiționat de secetă, cauzează perturbări în interrelațiile funcționale dintre organe ca consecință a deosebirilor principale ale gradului de modificare a parametrilor status-ului apei, distrucțiilor oxidative și schimbării activității enzimelor antioxidative în organele plantelor. Deosebit de afectate de impactul secetei, asociată cu temperaturi înalte și insolație, sunt rădăcinile; tulpinile, însă, reprezintă o zonă cu status hidric relativ stabil, având, probabil și o funcție de protecție a meristemelor organelor generative. Un argument suplimentar în favoarea ideii despre dereglarea integrității funcționale dintre organe, formulată în bază datelor analizate mai sus, servește modificarea valorii coraportului parametrilor funcționali dintre organe sub influența secetei.

Analiza rezultatelor experimentale în aspectul elucidării modificărilor interacțiunii și relațiilor dintre organele plantelor expuse stresului hidric a scos în evidență caracterul

diferit al acestora în funcție de organ și proprietățile genotipice ale plantelor. În condiții de secetă se micșorează legăturile corelative a status-ului apei în joncțiunile “rădăcini : tulpini” și “rădăcini : frunze” (tab.3).

Tabelul 3. Modificarea coraportului parametrilor funcionali a organelor plantelor de Zea mays L în dependen de umiditatea solului i genotip.

Interrela ia organelor	CA		DAM	
	optim	secet	optim	secet
cv. P458				
r d cin :frunze	1,10	0,94	0,33	0,36
r d cin :tulpin	0,98	0,82	0,82	0,97
cv. X5P515				
r d cin :frunze	1,12	0,92	0,34	0,41
r d cin :tulpin	0,98	0,77	0,73	0,89

Acțiunea secetei este asociată cu tendința de slăbire a integrității status-ului apei în joncțiunea „rădăcini–tulpini” și „rădăcini-frunze”. Relația conținutului de apă în interconexiunea „rădăcini-frunze” la cv.P458 în condiții optime de umiditate are valoarea 1,1, i-ar în condiții de secetă scade la 0,94 și 1,12 – 0,92 respectiv la cv. X5P515. În deosebi de evidentă este dereglarea relației „rădăcini-frunze” caracterizată după valorile deficitului de saturație în organe. Aprofundarea deosebirilor în joncțiunile “rădăcini-tulpini” și “rădăcini-frunze” s-a înregistrat după 7 zile de menținere a umidității solului la nivelul 30% CTA și după conținutul DAM, în deosebi de vădite la genotipul intolerant la secetă. Coraportul “rădăcini-tulpini” și “rădăcini-frunze” caracterizat după acest test se majorează în condiții de secetă, ceea ce demonstrează intensificarea destrucțiilor oxidative și perturbarea legăturilor dintre aceste organe. Astfel la genotipul P 458 în condiții de secetă s-a înregistrat o majorare cu 9,09 la sută a coraportului DAM în joncțiunea “rădăcini-frunze” și cu 18,29 % a coraportului acestui parametru în interconexiunea “rădăcini-tulpini”. La plantele X5P515 aceste valori au constituit respectiv 20,59 și 21,92 % comparativ cu plantele martor.

Rezultatele analizei corelației unor parametri funcionali în joncțiunea „rădăcină-tulpină” și „rădăcină-frunze” sunt prezentate în tabelul 4.

Datele demonstrează existența unei legături liniare strânse pozitive între valorile indicilor status-ului apei și oxidării peroxidice a lipidelor în organele plantelor în condiții optime de umiditate și tendința de diminuare a acestor interrelații în condiții de secetă. Conform valorilor obținute se poate de conchis că în condiții de secetă variația conținutului de apă în frunzele plantelor cv. P458 și X5P515 pe 75 – 90 % respectiv este dependentă de schimbarea hidratării rădăcinilor, iar conținutul DAM este determinat pe 94 -98 % de modificarea acestui indice în rădăcini.

Prin urmare, dereglarea integrității funcționale este cauzată de gradul diferit de perturbare a activității funcționale a organelor. În situații critice de umiditate în plantă are loc o redistribuire a rezervei de apă între organe: în tulpini și parțial în frunze status-ului apei în condiții de insuficiență de scurtă durată de apă în sol se menține la un nivel relativ mai stabil decât în rădăcini. Pe de o parte, faptul că modificarea stării funcționale a rădăcinilor se răsfrânge instantaneu și asupra parametrilor funcionali ai tulpinilor și

frunzelor demonstrează existența integrității funcționale, efectul transmiterii excitației dintr-un organ în altul și posibilitatea de autoreglare a homeostazei apei la nivel de organism integrat.

Pe de altă parte, gradul diferit de afectare a funcțiilor organelor conduce la slăbirea legăturilor dintre ele și la dereglarea integrității funcționale.

Tabelul 4. Valoarea coeficientului de corelație a unor parametri funcționali în interconexiunea „r d cin -tulpin ” i „r d cin -frunze” în funcție de genotip și condițiile de umiditate.

Interrelația organelor	CA				DAM			
	optim		secet		optim		secet	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
cv. P458								
r d cin :frunze	0,92	0,85	0,87	0,75	1,00	1,00	0,97	0,94
r d cin :tulpin	0,96	0,92	0,75	0,56	1,00	1,00	0,99	0,98
cv. X5P515								
r d cin :frunze	0,93	0,86	0,95	0,90	0,93	0,86	0,99	0,98
r d cin :tulpin	0,80	0,64	0,94	0,88	0,97	0,94	0,98	0,96

Din cele relatate mai sus rezultă, că sistemul hidric al plantei integre reacționează ca un continuu, în care schimbările status-ului apei într-un organ inevitabil sunt recepționate de alte organe. Acțiunea nefavorabilă a factorilor externi asupra unui organ induce schimbări în procesele vitale ale tuturor organelor, ceea ce dovedește existența legăturilor corelative și de integrare la nivel de organism.

Schimbarea umidității solului provoacă modificări profunde nu numai în statusul hidric al sistemului radicular, expus în mod direct coliziei, dar și în tulpini și frunze. Și vice-versa, reacția organelor asupra cărora factorul de stres nu acționează nemijlocit demonstrează existența integrității funcționale, efectul transmiterii excitației dintr-un organ în altul și posibilitatea de autoreglare a homeostazei apei la nivel de organism integrat.

Cu alte cuvinte, sistemul de reglare funcțională al plantelor include nu numai sistemele de ajustare a proceselor fiziologice la nivel de organite și celule, dar și de coordonare a acestora la nivel de organism prin reglementarea relațiilor dintre organe. Analiza interrelațiilor schimbării parametrilor status-ului apei, OPL și activității enzimelor antioxidative în organele plantei în condiții de secetă la genotipuri cu diferit potențial de rezistență confirmă ipoteza conform căreia apa este factorul antrenat în reglarea activității funcționale a plantei intacte, contribuie la menținerea relațiilor coordinative dintre organe și îndeplinește, de rând cu alți factori, funcția de integrare la nivel nu numai celular, dar și de organism.

Concluzii

1. Sistemul hidric al plantei integre reacționează ca un continuu, în care schimbările status-ului apei într-un organ inevitabil sunt recepționate de alte organe.
2. Gradul diferit de afectare a funcțiilor organelor conduce la slăbirea legăturilor dintre ele și la dereglarea integrității funcționale.

3. La nivel de organism aceasta se manifestă în dereglarea status-ului apei, legăturilor donator-acceptor de livrare a apei, precum și în dereglarea coordonării funcțiilor organelor.

4. Perturbările în interrelațiile funcționale sunt o consecință a deosebirilor principale ale organelor de homeostatare a apei și gradului diferit de schimbare a activității enzimelor de protecție antioxidantă.

5. Apa, de rând cu alți factori, contribuie la menținerea relațiilor coordinative dintre organe și îndeplinește funcția de integrare la nivel celular, de organ și organism.

Bibliografie

1. Alloway Brion. Micronutrient deficiencies around the world: current situation and outlook. // New Ag International, Murch. 2006. P. 26-41.

2. Aroca R., Irigoyen J. J., Sanchez – Diaz M. Drought enhances maize chilling tolerance. II Photosynthetic traits and protective mechanisms against oxidative stress. // *Physiol. Plant.* 2003, V. 117, P. 540 – 549.

3. Barlow E., Munns R., Brady C. Drought responses of apical meristems. // Turner N. C., Kramer P. J. eds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress.* 1980. New York: John Wiley and Sons. P. 191 – 203.

4. Brimecombe M.J., De Leij F.A., Lynch J.M. The Effect of Root Exudates on Rhizosphere Microbial Population. // *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant-Interface.* Ed. By Pinton R., et al., 2001. Chapter 4. P. 95 – 140.

5. Chance B. i Machly A. Assay of catalases and peroxidases. // *Methods in Enzymology*, S.P. Colowick and N.O. Kaplan (ed). N.Y.: Acad. Press. 1955. V. 2. P. 764-775.

6. Foyer C.H., Lelandais M., Kunert K.J. Photooxidative Stress in Plant. // *Physiol. Plant.* 1994. 92. P. 696 – 717.

7. Foyer C.H., Lopez-Delgado H., Dat J.F., Scott I.M. Hydrogen peroxide- and glutathione – associated mechanisms of acclimatorty stress tolerance and signaling. // *Physiol. Plant.* 1997. 100. P. 241 – 254.

8. Hernandez M., N. Fernandez – Garcia, P. Dias – Vivancos and E. Olmos. A different role for hydrogen peroxide and the antioxidativesystem under short and long salt stress in Brassica oleracea roots // *Journal of Experimental Botany.* 2010. V. 61. No. 2. P. 521 – 535.

9. Hiraga S., Sasaki K., Ohashi Y., Matsui H. A large family of class III plant peroxidases. // *Plant and Cell Physiology.* 2001. 42. P. 462 -468.

10. Holbrook N.M., Zwienieski M.A. Integration of Long Distance Transport Systems in Plants: Perspectives and Prospects for Future Research. // *Vascular transport in Plants.* Elsevier. 2005. P.537-545.

11. Jiang Z., Huang B. Drought and Heat Stress Injury to Two Cool – Season Turfgrasses in Relation to Antioxidant Metabolism and Lipid Peroxidation. // *Crop Science.* 2001. V. 41. P. 436 – 442.

12. Kawano T. Role of the reactive oxygen species-generating peroxidase reaction in plant defense and growth induction. // *Plant Cell Reports.* 2003. 21. P. 829 – 837.

13. Mika A., Marike Johanne Boenisch, David Hopff and Sabine Lüthje. Membrane – bound guaiacol peroxidases from maize (*Zea mays* L.) roots are regulated by methyl jasmonate, salicylic acid, and pathogen elicitors. // *Jornal of Experimental Botany*, 2010, Vol. 61, No.3, P. 831-841.

14. Munns R., M. Tester. Mechanisms of Salinity Tolerance. // *Annual Review of Plant Biology* 2008, Vol. 59. P. 651-681.

15. Nacano Y., Asada K. Hydrogen Peroxide Is Scavenged by Ascorbate Specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. // *Plant Cell Physiol.* 1981. V. 22. P. 867-880.

16. Passardi F., Cosio C., Penel C., Dunand C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. // Plant Cell Reports. 2005. 24. P. 255 – 265.
17. Passioura J. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. // Journal of Experimental Botany. 2007, V. 58, N. 2, P. 113 – 117.
18. Passioura J.B. Environmental plant biology and crop improvement. // Functional Plant Biology. 2002. V. 29. P. 537 – 546.
19. Scandalios J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. // Plant Physiol. 1993. V. 101. P. 7-12.
20. tefir A., Aluchi N., Vrabie V. Menținera integrității funcționale – premiză a rezistenței plantelor de *Zea mays* L. la secetă. // Lucrările științifice a Univers. de științe Agricole și Medicină Veterinară „Ion Ionescu de la Brad” Iași, România, 2002. 2. 159 MB.
21. tefir A., Brînz L. Presiunea hidrostatică și superoxidismutaza – inductori ai reacției nespecifice a plantelor la acțiunea secetei. // Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 2008a N2 (305), P. 41 – 50.
22. tefir Anastasia, Lilia Brînz . Corelația activității unor enzime antioxidative și status-ului apei frunzelor de *zea mays* l.in condiții de secetă. // Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 2008b. N2 (305), P. 41 – 50.
23. Zhongjin Lu., Newmann P. Water stress inhibits Hydraulic Conductance and Leaf Growth in Pice Seedlings but Not the Transport of Water via Mercury Sensitive Water Ghannels in the Root. // Plant Physiology. 1999. V. 120, N. 1, P. 143-151.
24. . . Вода и ее роль в регуляции биологических процессов. Ижевск, АНО «ИКИ». 2004. 212 с.
25. . . Транспорт воды в растении и его эндогенная регуляция. М.: Наука, 2001, 80 с.
26. . . , Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 288с.
27. . . Методы изучения водного обмена и засухоустойчивость плодовых растений. Кишинев. 1970. 28 с.
28. . . Внутриклеточные и межклеточные системы регуляции у растений. // СОЖ. 1997. №9. с. 6-11.
29. . . , Супероксиддисмутаза как компонент антиоксидантной системы растений при абиотических стрессовых воздействиях. // Физиология и биохимия культурных растений. 2007. Т. 39. №4. с. 291 – 302.
30. . . , Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения её в биологических материалах // Лабораторное дело. 1985. № 11. с. 578-681.
31. . . Клеточные мембраны и устойчивость растений к стрессовым воздействиям // Соросовский образовательный журнал 1997. №9. с.12 -17.
32. . . , Кинетика митозов в апексе побега пшеницы после действия водного стресса // Физиология и биохимия культурных растений, 1992. Т 24. №6. с. 564-568.
33. . . , Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. Киев: Наукова думка, 1989. 222 с.