

## CREȘTEREA PLANTELOR DE SOIA ȘI MODIFICĂRILE CONȚINUTULUI DE AMIDON INDUSE DE APLICAREA FOSFORULUI ȘI FIERULUI ÎN CONDIȚII SUBOPTIMALE DE UMIDITATE

Vladimir ROTARU, Ana BÎRSAN\*, Anatolie TVERDOHLEB\*

Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor, AȘM

\*Catedra Biologie Vegetală

Soybean (*Glycine max. L.*) is a tropical legume and it is susceptible to environmental stresses. Dry matter (DM) production and starch contents in plant parts of two soybean cultivars were determined during reproductive stage in relation to phosphorus (P) and iron (Fe) supply under water stress conditions. Soybean plants were represented by Zodiac and Licurici cultivars differing in potential of productivity. Plants were grown in a soil cultural with either a non-limiting or low P supply and harvested at pod setting stage development. The Licurici cultivar produced a higher DM than the Zodiac in well-watered conditions. Leaves growth and expansion were sensitive to both abiotic factors than roots. No difference between cultivars was detected on the total DM in treatments with adequate P supply (100 mg P kg soil) under water stress. The starch concentration in the plant tissues exhibited differences between both cultivars with Licurici generally having lower levels in roots. P deficiency increased starch contents in leaves irrespective of water regime. We concluded that adequate P and Fe supply decreased the carbohydrates concentration in nodules and support a vigorous roots system growth.

### Introducere

Schimbările climatice, frecvent atestate în ultimele decenii la nivel global, contribuie la intensificarea fenomenelor de secetă și pe teritoriul Republicii Moldova, stresul hidric devenind principalul factor limitativ al producției agricole. Obținerea genotipurilor cu un grad sporit de variabilitate climatică și a unei productivități stabile în condiții de mediu nefavorabil poate fi realizată în baza studierii reacțiilor fiziologo-biochimice ale genotipurilor la acțiunea factorilor stresogeni de mediu, impactul dăunător al secetelor manifestându-se asupra creșterii și dezvoltării plantelor, prin repercusiuni negative asupra proceselor metabolice.

Un aport deosebit în realizarea potențialului genetic, în majorarea productivității și rezistenței plantelor la condițiile nefavorabile de mediu revine nutriției minerale cu fosfor [1-3], care este considerat unul dintre cele mai importante elemente minerale datorită implicării acestuia în metabolismul energetic. Deseori, asigurarea insuficientă a solului cu forme accesibile ale nutrienților este asociată cu deficitul de umiditate. Seceta cauzează modificări notabile în relația plantă-sol, elementele nutritive fiind utilizate insuficient de către plante, acestea manifestând carențe de nutrienți. Prezența concomitentă a deficitului de umiditate și fosfor în mediul nutritiv amplifică impactul lor negativ asupra creșterii și dezvoltării plantelor. Insuficiența de fosfor este pe larg răspândită atât la nivel global, cât și național. Solurile din Republica Moldova, îndeosebi cernoziomul carbonat, sunt caracterizate printr-un conținut scăzut de fosfați mobili [4]. Aplicarea fertilizanților este procedeul tradițional de ameliorare a deficitului de elemente nutritive, însă s-a dovedit că administrarea unilaterală a îngrășămintelor cu fosfor poate conduce, în anumite condiții, la formarea unui status nutritiv dezechilibrat. Conform datelor din literatura de specialitate, aplicarea unor doze mari de fosfor are o acțiune antagonistă asupra procesului de absorbție și utilizare a microelementelor, îndeosebi a fierului și zincului [5].

Totodată, trebuie de remarcat că plantele leguminoase manifestă o exigență înaltă față de nutriția cu fosfor [6,7] și fier [8], ambii nutrienți îndeplinind atât un rol structural, cât și funcțional. Fierul are o funcție esențială în realizarea multiplelor procese fiziologice și biochimice, ca: fotosinteza, respirația, sinteza ADN-ului. De asemenea, ambele elemente nutritive au o funcție fiziologică importantă în procesul de fixare și asimilare a azotului din atmosferă, fiind componente indispensabile pentru unele enzime-cheie, ca: nitrogenaza, leghe-moglobina [9]. Spre exemplu, s-a dovedit că deficitul de fosfor [6,7] și de fier [8] reduce drastic numărul și masa nodozităților, micșorează activitatea fiziologică a aparatului fotosintetic [6].

Se știe că potențialul de rezistență al plantelor la factorii de stres este determinat și de capacitatea de acumulare a compușilor organici cu funcție de osmoliți. Dintre osmoliții compatibili, un rol important revine glucidelor, a căror cantitate și diversitate realizează funcții fiziologice deosebite, în particular, la plantele

supuse condițiilor nefavorabile de mediu. Importanței glucidelor pentru metabolismul și formarea productivității plantelor de soia nu s-a atras atenția cuvenită, spre deosebire de asimilarea azotului, din simplul motiv că această specie se caracterizează printr-o concentrație joasă de glucide în semințe. Însă, ținem să subliniem că glucidele sunt sursele energetice de bază pentru creșterea și dezvoltarea plantelor. De asemenea, ele sunt considerate ca materie primă pentru sinteza proteinelor și lipidelor, sursă de energie pentru asimilarea azotului din atmosferă. Este bine cunoscut faptul că fosforul participă nemijlocit la sinteza și la catabolismul glucidelor [10]. Astfel, într-un șir de cercetări s-a demonstrat că insuficiența de P are un impact negativ asupra procesului de fotosinteză. Reducerea substanțială a fotosintezei, cauzată de stresul de fosfor, s-a observat la diferite specii de plante, ca: trifoi, soia, sfecla de zahăr [2,11,12]. De obicei, nutriția insuficientă cu P duce la acumularea glucidelor în rădăcini, având repercusiuni asupra raportului rădăcini/plantă. Unele date științifice [10,13] au demonstrat că micșorarea concentrației de Pi în citoplasmă inhibă procesele de translocare a triozelor-fosfat din cloroplaste în citoplasmă și intensifică procesele de încorporare a carbonului, preponderent în amidon. În condiții deficitare de fosfor [14], plantele acumulează glucidele solubile în rădăcini, sporind presiunea osmotică a celulelor și capacitatea de absorbție a rădăcinilor. Deficitul de fosfor intensifică procesul de acumulare a amidonului [10,11,15], dar în unele investigații s-a observat o intensificare a sintezei ambilor compuși: amidon și zaharoză [13], inducând mecanismul feedback de reglare a fotosintezei. Astfel, în cadrul unor studii s-a observat micșorarea conținutului de zaharoză și sporirea conținutului de amidon în frunzele plantelor *Glycine max.*, crescute la deficit de fosfor [11], însă la *Phaseolus vulgaris* s-a atestat o sporire a conținutului atât de zaharoză, cât și de amidon [14]. Prezența acestor rezultate contradictorii în literatura de specialitate mărturisește faptul că nu este pe deplin clarificat efectul fosforului asupra metabolismului amidonului în funcție de condițiile de creștere a plantelor. Analiza datelor din literatură a relevat că în majoritatea experiențelor s-a examinat influența separată a unui singur factor abiotic, însă puține date experimentale există referitor la efectul combinat al ambilor factori: nutriția minerală cu fosfor și regimul hidric. Deși glucidele sunt considerate osmoliți compatibili, având un rol principal în realizarea potențialului de rezistență la factorii nefavorabili de mediu, puțin se cunoaște despre modificările în conținutul amidonului în funcție de condițiile de nutriție și umiditate a solului.

Conform cercetărilor [16], soia este deosebit de sensibilă la stresul hidric în faza reproductivă. Evaluarea particularităților distribuirii compușilor de carbon în organele plantelor poate oferi informație științifică importantă pentru a elucida, parțial, mecanismul/mecanismele de adaptare a plantelor la condițiile de stres ecologic. Astfel, luând în calcul cele expuse, ne-am propus să trasăm ca obiectiv major al acestui studiu evaluarea efectului aplicării fosforului și fierului asupra creșterii și distribuirii conținutului de amidon în organele plantelor la a două cultivare de soia în funcție de regimul de umiditate a solului.

### Material și metode

În scopul realizării studiului preconizat, au fost montate experiențe cu cultivările de soia *Licurici* și *Zodiac* în condițiile căsuței de vegetație. Cultivarul *Zodiac* are un potențial inferior de productivitate (24 q/ha), iar cultivarul *Licurici* – un potențial mai înalt (35 q/ha). Plantele de soia au fost crescute pe solul de cernoziom carbonat caracterizat printr-un conținut redus de fosfați mobili (0,8-1 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g sol). În cercetare s-a examinat influența a două niveluri de nutriție cu fosfor: a) insuficient (fără aplicarea fosforului) și b) suficient, unde s-a administrat o doză moderată de fosfor (100 mg P/kg sol). În toate variantele, azotul s-a aplicat în doză de 50 mg per kg sol. Influența nutriției cu fosfor a fost testată la aplicarea elementului separat sau în combinație cu fierul. Fierul s-a administrat în formă de chelați (Fe-EDTA) în cantitate de 5 mg fier la un kg de sol. Interacțiunea nutriției minerale cu fosfor și fier a fost studiată pe două niveluri de umiditate: a) optim – 70% CTA (capacitatea totală pentru apă a solului) și b) stresul hidric – 35% CTA. Umiditatea solului a fost ajustată conform schemei experienței prezentate în Tabelul 1 – prin metoda cântăririi vaselor. Stresul hidric a fost declanșat în faza înfloritului și a fost menținut pe o perioadă de 14 zile. Toate variantele au fost montate în patru repetări. Probele de plante au fost prelevate după două săptămâni de stres hidric. Plantele au fost separate pe organe: frunze, rădăcini, tulpini, nodozități, apoi uscate pentru înregistrarea acumulării masei uscate.

În frunze, rădăcini și în nodozități s-a determinat conținutul amidonului după metoda clasică, fiind folosit reagentul anthrone (Van Handel, 1968). Conținutul de amidon din țesuturile plantei, după extragerea glucidelor solubile, s-a determinat cu acidul percloric. Concentrația de amidon s-a estimat prin multiplicarea valorilor conținutului de glucoză la coeficientul 0,9.

**Rezultate și discuții**

Plantele expuse secetei își modifică ciclul vegetativ în defavoarea creșterii, afectând cantitatea și calitatea recoltelor. Efectele negative, cauzate de factorii de stres, pot fi reduse prin aplicarea corectă și echilibrată a elementelor nutritive. În rezultatul investigațiilor noastre s-a constatat că creșterea și dezvoltarea plantelor a fost marcată de ambii factori abiotici: nutriția minerală și deficitul de umiditate din sol, efectul acestora manifestându-se asupra ratei de acumulare a biomasei plantelor (Tab.1,2). În varianta control, fără aplicarea nutriției suplimentare, s-a observat o reducere evidentă a creșterii plantelor la ambele cultivări, indiferent de regimul de umiditate a solului, însă impactul deficitului de fosfor a fost mai pronunțat asupra dezvoltării aparatului foliar la *Zodiac*, unde s-au înregistrat cele mai mici valori ale producerii substanțelor uscate (Tab.1). Administrarea fosforului separat sau în combinație cu fierul a contribuit la creșterea semnificativă a biomasei la ambele cultivări – atât în condiții optime, cât și de insuficiență hidrică. Obținerea acestui rezultat poate fi explicat prin faptul că solul utilizat în experiențe s-a caracterizat printr-un conținut deficitar de nutrienți, iar, pe de altă parte, plantele de soia au manifestat un răspuns elocvent la nutriția suplimentară cu fosfor. Efecte similare ale aplicării fosforului s-au constatat și la alte specii de leguminoase – *Phaseolus vulgaris* [14], *Trifolium repens* [2]. Trebuie de menționat că s-au înregistrat diferențe în producerea asimilatelor între cultivare atât la nivel de organism, cât și la nivel de frunze.

**Tabelul 1**

**Influența nutriției cu fosfor și fier asupra creșterii plantelor în condiții de stres hidric**  
(g masă uscată/vas)

Variante	Frunze		Plantă		Raportul F/R*	
	<i>Zodiac</i>	<i>Licurici</i>	<i>Zodiac</i>	<i>Licurici</i>	<i>Zodiac</i>	<i>Licurici</i>
N0.05P0Fe0	2,59	3,87	9,91	10,12	1,0	1,43
N0.05P100Fe0	4,15	5,52	14,62	14,63	1,1	1,80
N0.05P0Fe5	2,83	4,18	10,23	11,97	1,04	1,67
N0.05P100Fe5	4,76	4,63	16,38	14,82	1,31	1,47

\*F – frunze, R – rădăcini.

Impactul benefic al nutriției suplimentare a depins de gradul de aprovizionare a plantelor cu apă, fiind mai pronunțat la plantele crescute în condiții optimale de umiditate. Examinarea creșterii la nivel de organ a evidențiat faptul că dezvoltarea aparatului foliar a fost destul de sensibilă atât la condițiile vulnerabile de nutriție, cât și la deficitul de apă din sol. Un răspuns primar al plantei la factorii abiotici nefavorabili, luați în cercetare, a fost reducerea suprafeței foliare. Declanșarea stresului hidric a diminuat substanțial creșterea frunzelor, mai ales în cazul deficitului ambilor nutrienți (fără folosirea fertilizanților cu fosfor și fier). S-a constatat că stresul hidric a redus mai evident suprafața frunzelor la *Licurici*, comparativ cu genotipul *Zodiac*. Astfel, rezultatele investigațiilor au evidențiat o micșorare substanțială a suprafeței frunzelor în varianta cu deficit de fosfor, reducerea suprafeței foliare fiind mai evidentă la cultivarul *Licurici* (Tab.2). În baza acestor date experimentale se poate face concluzia că cultivarul *Licurici* este mai sensibil la stresul hidric.

**Tabelul 2**

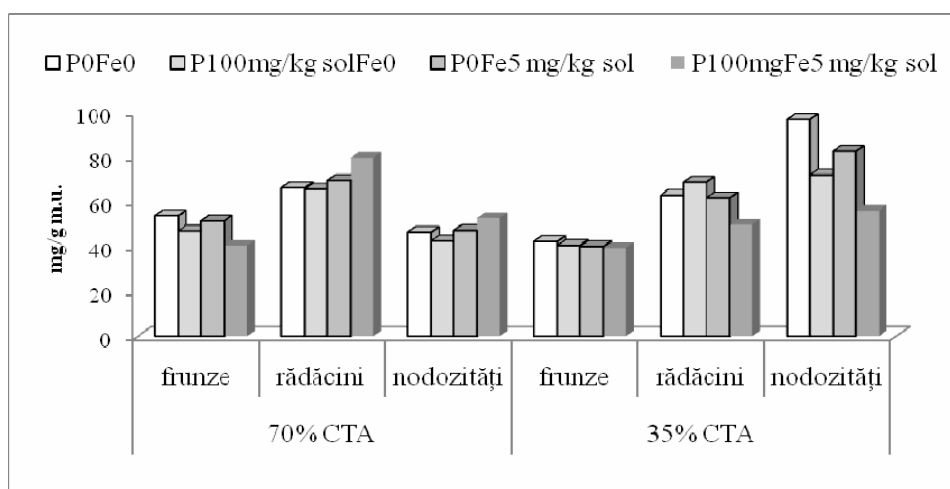
**Efectul stresului hidric asupra pierderilor în creșterea frunzelor în funcție de nutriția minerală (%)**

Variante	<i>Zodiac</i>	<i>Licurici</i>	<i>Zodiac</i>	<i>Licurici</i>
	Masa frunzelor		Suprafața frunzelor	
N0.05P0Fe0	26,5	31,3	21,3	27,4
N0.05P100Fe0	29,0	27,8	22,4	33,1
N0.05P0Fe5	23,4	34,0	23,3	20,8
N0.05P100Fe5	27,3	51,3	16,7	45,0

Administrarea nutrienților a marcat rata pierderilor de biomasă a frunzelor, cauzate de secetă, la genotipul *Zodiac* comparativ cu *Licurici*; diferențe mai accentuate între aceste două cultivare s-a observat în varianta cu nutriția suficientă cu fosfor și fier (Tab.2). Aplicarea fierului pe fondalul deficitului de fosfor (P0) puțin a

modificat atât rata de creștere a plantei, cât și formarea suprafeței foliare, însă efectul benefic al elementului s-a evidențiat mai pronunțat la combinarea fosforului cu fierul (P100Fe5) la genotipul rezistent *Zodiac*. De remarcat că rezultatele acestui studiu nu au constatat o interacțiune antagonistă între aceste elemente. Așadar, cele mai mari valori ale parametrilor morfologici studiați s-au înregistrat la nutriția balansată cu fosfor și fier. Aceeași tendință s-a observat și la plantele crescute în condiții normale de umiditate (datele nu sunt prezentate). În unele studii s-a arătat că există o corelație pozitivă între valoarea suprafeței foliare și nivelul concentrației de Pi în celulele epidermei limbului frunzei. Se poate presupune că diminuarea suprafeței aparatului asimilator este cauzată de insuficiența fosforului din mediul nutritiv, fosforul fiind utilizat preponderent pentru alte procese vitale. Micșorarea suprafeței foliare ar putea fi un răspuns al plantelor la factorii de stres, fiind considerată o reacție obișnuită în scopul limitării consumului de apă în condiții nefavorabile, când una din repercusiunile directe ale insuficienței apei asupra plantelor este reducerea suprafeței foliare [2]. Prin urmare, efectul negativ al regimului deficitar de umiditate a solului (35% CTA) la nivel de organism a fost mai pronunțat în varianta cu nutriție insuficientă cu fosfor și fier. Astfel, s-a demonstrat că dezvoltarea sistemului foliar a fost mai susceptibilă la factorii abiotici și, în consecință, valoarea raportului rădăcini/plantă a crescut la plantele supuse stresului hidric. Acest rezultat sugerează ideea că plantele de soia își dezvoltă sistemul radicular în detrimentul părții aeriene vulnerabile a mediului ambiant.

Vigurozitatea plantelor, mai ales în condiții nefavorabile, depinde în mare măsură de aprovizionarea cu asimilate, în particular cu amidon. Cercetările au stabilit schimbări în conținutul amidonului din țesuturile vegetale în funcție de factorii abiotici. S-a observat că la cultivarul *Licurici* în condiții optime de umiditate a solului s-au înregistrat slabe modificări ale conținutului de amidon în frunze comparativ cu cultivarul *Zodiac* (Fig.1,2). Efectuarea nutriției suplimentare cu fosfor – atât aparte, cât și împreună cu microelementul fier – a condus la micșorarea concentrației de amidon în frunze, dar s-a observat o creștere a nivelului de amidon în rădăcini și în nodozități la aplicarea lor combinată.



**Fig.1.** Variația conținutului de amidon în plantele de soia (cv. *Zodiac*) în funcție de nutriția minerală și de regimul de hidratare a solului.

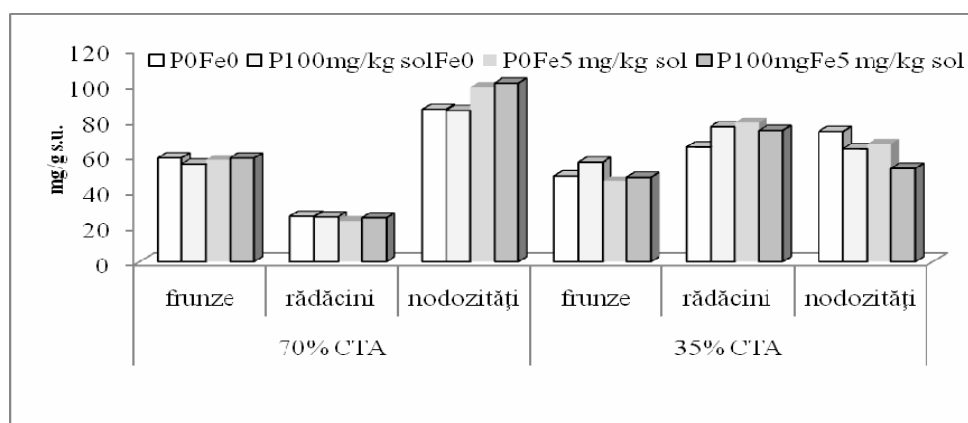
În general, frunzele plantelor la ambele genotipuri supuse stresului hidric au avut un conținut mai mic de amidon, comparativ cu varianta control (70% CTA). Conținutul de amidon în frunzele hidratate normal a variat între 40,5-53,9 mg/g s.u. la cultivarul *Zodiac* și 55,2-58,7 mg/g s.u. la cultivarul *Licurici*. Stresul hidric a provocat o creștere a concentrației de amidon în rădăcinile cultivarului *Zodiac* în varianta cu aplicarea separată a fosforului, iar în cazul genotipului *Licurici* s-a atestat o creștere substanțială a conținutului de amidon în toate variantele luate în cercetare. Una dintre cauze poate fi că aplicarea nutrienților a avut o influență mai mare asupra sistemului foliar, ceea ce a asigurat o intensitate fotosintetică mai înaltă în condiții nefavorabile de umiditate. De notat că în această variantă s-au înregistrat valori mai mari ale suprafeței foliare. Rezultatele acestui studiu sunt în concordanță cu cele obținute la alte specii de leguminoase [10]. De menționat că în unele cercetări din străinătate [12,15] s-a constatat că deficitul de fosfor contribuie la sporirea conținutului de amidon în rădăcini comparativ cu frunzele, însă în experimentele noastre aceste dependențe s-au observat

doar pe fondul de stres. Probabil, acesta se explică prin dezvoltarea redusă a lăstarilor afectând producerea compușilor de carbon.

Rezultatele experimentale au dovedit că în condiții optime de cultivare nu s-au depistat modificări în frunze și rădăcini la administrarea nutrienților. În dependență de organ, seceta a cauzat efecte minore asupra acumulării amidonului în frunzele ambelor cultivare, iar la nivel de nodozități ea a provocat o reducere substanțială, chiar și în cazul aplicării nutrienților.

Deci, s-a stabilit o reacție genotipică în distribuția amidonului în rădăcini și nodozități. La genotipul *Zodiac* s-a constatat, pe fond de secetă, o acumulare considerabilă a amidonului în nodozități atât în varianta martor, cât și la administrarea separată a fosforului și fierului. De remarcat că, în condiții optime de cultivare, în rădăcinile genotipului dat conținutul de amidon nu este influențat de administrarea nutrienților, în timp ce pe fond de secetă conținutul lui în rădăcini a crescut aproximativ de două ori – atât în cazul plantelor de referință, cât și în variantele cu administrarea nutrienților.

Evaluarea caracterului distribuției amidonului în organele plantelor la cultivarul *Licurici* a relevat că, în condiții optime de cultivare, administrarea fosforului separat sau în combinație cu fierul practic nu a modificat nivelul concentrației lui în frunze și rădăcini (Fig.2), însă s-a constatat o tendință de creștere a conținutului de amidon în nodozități în varianta cu fertilizarea combinată a ambilor nutrienți comparativ cu varianta martor.



**Fig.2.** Variația conținutului de amidon în plantele de soia (cv.*Licurici*) în funcție de nutriția minerală și de regimul de hidratare a solului.

În general, insuficiența de umiditate a redus substanțial conținutul amidonului din nodozități, indiferent de condițiile de nutriție minerală. Efectul benefic al aplicării fosforului și fierului s-a evidențiat și asupra aprovizionării rădăcinilor cu compuși de glucide, atestându-se un conținut ridicat de amidon comparativ cu martorul (fără aplicarea fertilizatorilor). Așadar, s-au observat diferențe genotipice semnificative în acumularea amidonului în rădăcini la plantele crescute în condiții optime de umiditate. Rezultatele obținute denotă o capacitate superioară de acumulare a glucidelor pentru cultivarul *Zodiac*, comparativ cu *Licurici*. O relație inversă s-a depistat în nodozități, conținutul amidonului fiind net superior la genotipul *Licurici*, comparativ cu *Zodiac*. Prin urmare, cercetările au demonstrat că nutriția adecvată cu fosfor și fier reduce conținutul de asimilate în aparatul simbiotic. Rezultate asemănătoare au fost constatate și la alte specii de leguminoase [2,12], acest fenomen fiind asociat cu utilizarea mai eficientă a amidonului din nodozități, care are un efect benefic asupra activității fiziologice a sistemului *Bradyrhizobium japonicum-Glycine max*.

### Concluzii

Nutriția combinată cu fosfor și fier reduce evident impactul negativ al secetei asupra creșterii plantelor, indiferent de gradul de rezistență a genotipurilor.

Formarea aparatului asimilator în condiții de secetă, pe fond de aplicare a fertilizanților, a demonstrat dependențe specifice, în funcție de genotip și rezistența cultivarelor, aplicarea acestora reducând considerabil efectul negativ al secetei asupra dezvoltării aparatului asimilator.

Conținutul de amidon sub acțiunea factorilor abiotici variază în diferite organe, atestându-se modificări semnificative la nivelul rădăcinilor și nodozităților, în funcție de genotip și condițiile de nutriție minerală.

Nutriția suplimentară cu fosfor și fier a plantelor de soia, cultivate pe solul cernoziom carbonatat, reduce substanțial conținutul amidonului în nodozități, favorizând acumularea acestuia în rădăcinile genotipului susceptibil la deficitul de umiditate.

**Referințe:**

1. Jin Jian et al. Phosphorus application affects the soybean root response to water deficit at the initial flowering and full pod stage // *Plant Nutr.*, 2005, 51, 7, p.953-960.
2. Singh D.K., and Sale P.W.G. Growth and potential conductivity of white clover roots in dry soil with increasing phosphorus supply and defoliation frequency // *Agr. J.*, 2000, 92, p.868-874.
3. Tongmin Sa and Israel D. Phosphorus deficiency effects on response of symbiotic N fixation and carbohydrate status in soybean to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment // *Plant Nutr.*, 1998, 21, p.2207-2218.
4. Andrieș S.V. Regimul de fosfor în solurile Moldovei și eficacitatea îngrășămintelor cu fosfor. - Chișinău, 2006.
5. Cabata-Pendias A., Pendias X. Микроэлементы в почвах и в растениях. - Москва, 1989, с.62-71.
6. Israel D.W. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation // *Plant Physiol.*, 1987, 84, p.835-840.
7. Israel D.W., Rufty T.W. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen use efficiency and associated physiological responses in soybean // *Crop Sci.*, 1988, 28, p.954-960.
8. Tang C., Robson A.D. and Dilworth M.J. The role of iron in the (Brady)rhizobium legume symbiosis // *J. Plant Nutr.*, 1992, 15, 10, p.2235-2252.
9. Moran J.F., Klucas R.V., Grayer R.J., Abian J., Becana M. Complexes of iron with phenolic compounds from soybean nodules and other legume tissues: prooxidant and antioxidant properties // *Free Radical Biology and Medicine*, 1997, 22, 5, p.861-870.
10. Foyer C., Spencer C. The relationship between phosphate status and photosynthesis in leaves // *Planta*, 1986, 167, p.369-375.
11. Qiu J., Israel D. Carbohydrate accumulation and utilization in soybean plants in response to altered phosphorus nutrition // *Physiol. Plantarum*, 1994, 90, p.722-728.
12. Rao I.M., Fredeen A.L., Terry N. Influence of phosphorus limitation on photosynthesis, carbon allocation and partitioning in sugar beet and soybean grown with a short photoperiod // *Plant Physiol. and Biochemistry*, 1993, 31, p.223-231.
13. Dietez K-J., Heilos L. Carbon metabolism in spinach leaves as affected by leaf age and phosphorus and sulfur metabolism // *Plant Physiol.*, 1990, 93, p.1219-1225.
14. Ciereszko I.W., Barbachowska A. Sucrose metabolism in leaves and roots of bean (*Phaseolus vulgaris*) during phosphate deficiency // *Plant Physiol.*, 2000, 156, p.640-644.
15. Fredeen A.L., Rao I.M., Terry N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glycine max.* // *Plant Physiol.*, 1989, 89, p.225-230.
16. Chipman R.B., Raper J. and Patterson R.P. Allocation of nitrogen and dry matter for two soybean genotypes in response to water stress during reproductive growth // *Plant Nutr.*, 2001, 24, 6, p.873-884.

Prezentat la 13.03.2011