

MODIFICĂRI INDUSE DE STRESUL HIDRIC, NUTRIȚIA MINERALĂ CU FOSFOR ȘI FIER ÎN CONȚINUTUL DE GLUCIDE ȘI AMINOACIZI LIBERI ÎN PLANTELE DE SOIA

*Ortața GOJINEȚCHI, Vladimir ROTARU, Alexandru BUDAC, Petru CORDUNEANU**

Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor al AȘM

**Catedra Științe ale Solului, Geologie și Geografie*

An pot soil (cernoziom carbonated) culture experiment was conducted to determine the modification in carbohydrates and free amino acids content in soybean (cv. Zodiac) leaves in relation to phosphorus and iron nutrition under water stress conditions. Soybean plants were exposed to drought for 14 days during flowering stage of development and the samples were collected after stress period.

The P-sufficient supply decreased the content of nonstructural carbohydrates (sucrose and hexose sugars) in leaves. This result was due to translocation of carbohydrates in sinks organs of roots and nodules. Iron supplemental nutrition with phosphorus fertilizer stimulated the accumulation of the level of free amino acids and soluble sugars irrespective of the level of soil moisture. Water shortage induced accumulation level of free amino acids in leaves. The both application phosphorus and iron increased the synthesis of amino acids in inoculated as well as in non-inoculated soybean plants. Hence the experimental data further emphasize the physiological importance of adequate nutrition with phosphorus and iron to attenuate the drought impact on plant metabolism and productivity.

Introducere

Condițiile nefavorabile de mediu au un impact major asupra proceselor fiziologice, care, la rândul lor, afectează nefast creșterea și dezvoltarea plantelor. Deficitul de umiditate este pe larg răspândit în Republica Moldova. Insuficiența de umiditate deseori este însoțită de accesibilitatea redusă a elementelor nutritive din sol, îndeosebi a fosforului și fierului. Prin urmare, aceștia sunt factorii limitativi ai productivității plantelor agricole. Fosforul, de rând cu alte macroelemente, joacă un rol primordial în metabolismul plantelor leguminoase. Compușii fosforului, acumulatori și surse de energie, participă activ la diferite reacții biochimice în celule, inclusiv la procesele de fotosinteză, enzimatică, cu rol de sinteză, la metabolismul aminoacizilor, transformarea hidraților de carbon [1].

Fierul, fiind un antagonist al fosforului, participă activ la transportarea electronilor în procesul de fotosinteză; el este necesar pentru biosinteza clorofilei, în formă de feredoxină activează enzima nitritreductaza, deci catalizează reducerea nitriților [2].

În cercetările noastre anterioare [3] s-a confirmat că fosforul și fierul sporesc rezistența plantelor de soia la secetă. Sunt cunoscute câteva mecanisme fiziologice de adaptare a plantelor la stresul hidric, cum ar fi reducerea suprafeței foliare, stimularea dezvoltării sistemului radicular, reducerea pierderilor de apă prin închiderea stomatelor și acumularea compușilor cu masă moleculară joasă, așa-numiții osmoliți compatibili, din care fac parte aminoacizii, glucidele, betainele [4].

În condiții de stres hidric apa din plantă se elimină în sol, provocând deshidratarea celulelor. Anume osmoliți compatibili contribuie la scăderea potențialului hidric celular în așa măsură încât el să devină mai jos decât potențialul hidric al soluției solului. Astfel, acumularea acestor substanțe asigură plantele cu o capacitate mai mare de absorbție a apei din solurile cu rezerve reduse de umiditate.

Reieșind din cele relatate, scopul prezentei cercetări constă în evidențierea modificărilor în conținutul hidraților de carbon, aminoacizilor liberi în frunzele plantelor de soia în funcție de nivelul de nutriție cu fosfor și fier și umiditatea solului.

Material și metode

Cercetările s-au efectuat în anul 2007 în cadrul experimentelor cu cultura de soia, soiul Zodiac, în condițiile căsuței de vegetație a Institutului de Genetică și Fiziologie a Plantelor. Plantele de soia au fost cultivate în ghiveciuri de plastic cu capacitatea de 5 kg sol la diferite niveluri de umiditate a solului cernoziom carbonic după schema prezentată în Tabelul 1.

Azotul mineral a fost aplicat în doză de 50 mg N/kg sol în formă de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, fosforul – în doză de 100 mg P/kg sol în formă de KH_2PO_4 , iar microelementul Fe a fost administrat în cantitate de 6 mg/kg sol în formă de Fe-EDTA. Inocularea semințelor s-a efectuat cu preparatul *Bradyrhizobium japonicum* (Rh) înainte de semănat. Stresul hidric a fost declanșat în faza de butonizare-începutul înfloririi și a durat 14 zile. Probele de plante s-au colectat după 14 zile de stres hidric (35% CTAS – capacitatea totală de apă a solului).

Determinarea conținutului de glucide s-a efectuat conform metodei Bertran [5], iar conținutul de aminoacizi liberi s-a determinat la analizatorul AAA-339M.

Tabelul 1

Influența fosforului și fierului asupra acumulării masei verzi și uscate, precum și asupra elementelor de producție a plantelor de soia (g/plantă)

Variante	Masa verde		Masa uscată		70% CTAS		35% CTAS	
	70% CTAS	35% CTAS	70% CTAS	35% CTAS	Numărul boabe	Masa boabe	Numărul boabe	Masa boabe
Martor	13,94	8,52	3,93	2,67	11	3,58	8	2,42
NP	20,55	12,48	5,76	4,38	15	4,79	12	3,88
NP+Fe	23,73	17,76	7,05	4,71	18	5,46	14	4,27
NP+Rh	20,26	15,72	6,08	4,36	15	5,13	12	3,91
NP+Fe+Rh	25,43	17,89	8,42	5,88	17	5,81	15	4,58

Rezultate și discuții

Datele obținute în rezultatul cercetărilor au relevat că asigurarea adecvată a plantelor cu elemente nutritive în raporturi optimale s-a manifestat benefic asupra creșterii și dezvoltării plantelor de soia. S-a constatat o corelație dintre nivelul de nutriție și cantitatea de biomasă acumulată în timpul vegetației.

Rezultatele prezentate în Tabelul 1 demonstrează efectul pozitiv al nutriției cu fosfor asupra formării masei verzi și uscate în condiții optime de umiditate sporind cantitatea ei cu 40% față de martor (fără îngrășăminte).

Acumularea maximă a masei verzi s-a atestat la plantele fertilizate cu fosfor în combinație cu fierul. Bacterizarea semințelor cu *Bradyrhizobium japonicum* nu a asigurat diferențe semnificative în acumularea masei verzi comparativ cu plantele fertilizate cu fosfor, iar efectuarea nutriției complexe cu fosfor și fier pe acest fond a contribuit la creșterea masei verzi la un nivel mai superior față de variantele de referință. Astfel, s-a confirmat rolul pozitiv al fierului în procesele de creștere și sporire a productivității plantelor, fapt menționat și de A.Kabata-Pendias [6] și N.Kuzmina, V.Eršov [7].

De remarcat, totodată, că nivelul de umiditate a solului a afectat procesul de acumulare a biomasei. Plantele martor în condiții de stres hidric au produs mai puțină masă verde decât plantele crescute în condiții optime de umiditate, însă influența pozitivă a elementelor nutritive nu s-a redus; în special, nivelul de biomasă la plantele fertilizate cu fosfor a crescut la fel cu 40% față de martor. Asigurarea suficientă a plantelor cu fosfor și fier în combinație cu bacterizarea semințelor a dus la obținerea unei productivități maxime.

Aceleași legități sunt caracteristice și pentru acumularea masei uscate. Deci, masa uscată a plantelor suse deshidratării a fost mai joasă decât la plantele asigurate cu umiditate optimă. Nutriția cu fosfor, fier și inoculare, atât în condiții optime, cât și în cele stresogene de umiditate, menține acumularea masei uscate la un nivel mai mare comparativ cu variantele de referință.

Referitor la unele elemente de producție, numărul mediu de boabe și greutatea lor per plantă a înregistrat valoarea maximă la variantele cu umiditatea optimă la administrarea fosforului și fierului, precum și în combinație cu inocularea semințelor cu *Bradyrhizobium*, iar sub influența stresului hidric acești indici au căpătat o valoare mai inferioară.

După cum s-a menționat, acumularea compușilor organici cu masă moleculară joasă prezintă un mecanism de protecție a plantelor în condiții de secetă. Din acești compuși fac parte și aminoacizii liberi, care constituie centrul metabolismului azotat.

S-a constatat că un efect considerabil asupra conținutului de aminoacizi liberi îl are gradul de asigurare a plantelor cu apă și nutrienți. Astfel, suma aminoacizilor liberi la aplicarea fosforului pe fondalul azotului constituie 14,67 mg/g masă uscată în condiții de hidratare normală (Tab.2), iar administrarea fierului a redus suma lor cu 11%, însă nivelul maxim de aminoacizi liberi, care a echivalat cu 17,18 mg/g, s-a înregistrat în varianta cu administrarea celor trei elemente NPFe în combinație cu inoculare.

Tabelul 2

Influența nutriției cu fosfor și fier asupra conținutului de aminoacizi liberi în frunzele plantelor de soia, mg/g m.u; umiditatea optimă – 70% CTAS

Aminoacizii	NP	NP+Fe	NP+Rh+Fe
Acid aspartic	0,517	0,667	0,596
Treonină	0,303	0,545	0,648
Serină	0,445	0,697	0,917
Acid glutamic	1,047	1,042	1,545
Glutamină	1,410	1,057	1,020
Prolină	3,74	3,526	3,696
Glicină	0,474	0,314	0,737
Alanină	0,937	1,249	1,246
Valină	1,524	1,071	1,613
Cistină	0,114	0,173	0,332
Metionină	0,009	0,013	0,006
Isoleucină	0,972	0,610	1,105
Leucină	1,106	0,719	1,314
Tirozină	0,382	0,331	0,421
Fenilalanină	1,139	0,641	1,157
Triptofan	0,014	0,020	0,026
Lizină	0,024	0,044	0,038
Histidină	0,03	0,021	0,043
Arginină	0,17	0,139	0,339
Uree	3,256	1,719	0,83
Amoniac	0,025	0,031	0,026
Suma acizilor	14,673	13,194	17,183
Suma acizilor înlocuibili	9,393	7,371	10,896
Suma acizilor indispensabili	5,28	5,823	6,287

Aceeași dependență s-a constatat și referitor la suma aminoacizilor liberi înlocuibili și indispensabili. Printre ei e necesar de remarcat sporirea conținutului de treonină, serină, glicină, cistină, arginină – de 2 ori, al acidului glutamic, lizinei, alaninei – cu 30-40%, iar al leucinei, isoleucinei – cu 13-18%. Conținutul de prolină puțin s-a modificat, iar de glutamină se află într-o descreștere continuă față de varianta de referință.

În condiții de deficit hidric s-a observat o creștere semnificativă a sumei totale de aminoacizi liberi cu 16-20% față de nivelul optim de umiditate a solului (Tab.3).

Concomitent a sporit și suma aminoacizilor înlocuibili și indispensabili – cu 15-30%, ceea ce se consideră ca o reacție de protecție a plantelor față de condițiile nefavorabile ale mediului. Conținutul de prolină s-a majorat cu 7-11%. Este cunoscut faptul că acumularea prolinei reprezintă un răspuns al plantei la acțiunea deficitului hidric [8].

Cât privește concentrația celorlalți aminoacizi, s-au atestat aceleași legități ca și în condiții optime de hidratare. Deci, o influență esențială asupra cantității aminoacizilor liberi a exercitat nutriția plantelor cu fosfor și fier în combinație cu azot mineral și biologic.

În scopul elucidării nutriției minerale cu fosfor și fier, s-a efectuat un studiu asupra modificărilor în conținutul carbohidraților în frunzele plantelor de soia, în funcție de asigurarea lor cu apă. Rezultatele cercetărilor au relevat că fertilizarea plantelor cu fosfor în condiții optime de umiditate a solului a redus conținutul de monozaharide cu 30%, iar al zaharozei și al zaharidelor totale – doar cu 5% față de varianta martor (Tab.4).

Tabelul 3

Influența nutriției cu fosfor și fier asupra conținutului de aminoacizi liberi în frunzele plantelor de soia, mg/g m.u.; umiditatea redusă – 35% CTAS

Aminoacizii	NP	NP+Fe	NP+Rh+Fe
Acid aspartic	0,472	0,599	0,617
Treonină	0,661	0,639	0,935
Serină	0,898	0,752	1,218
Acid glutamic	1,928	1,788	2,281
Glutamină	0,954	0,925	0,985
Prolină	3,823	3,785	4,104
Glicină	0,704	0,566	0,803
Alanină	1,044	0,839	1,294
Valină	1,844	1,512	1,869
Cistină	0,397	0,299	0,350
Metionină	0,009	0,013	0,017
Isoleucină	1,185	0,979	1,186
Leucină	1,292	0,900	1,382
Tirozină	0,352	0,372	0,627
Fenilalanină	1,514	1,215	1,197
Triptofan	0,019	0,022	0,024
Lizină	0,032	0,054	0,048
Histidină	0,036	0,029	0,039
Arginină	0,35	0,394	0,826
Uree	2,157	1,664	2,560
Amoniac	0,033	0,028	0,024
Suma acizilor	17,896	15,888	19,977
Suma acizilor înlocuibili	10,571	8,715	12,249
Suma acizilor indispensabili	6,943	5,637	7,264

Tabelul 4

Acțiunea P și Fe asupra conținutului hidraților de carbon în frunzele de soia (mg/g m.u.)

Variante	70% CTAS				35% CTAS			
	mono-zaharide	zaharoză	zaharide totale	amidon	mono-zaharide	zaharoză	zaharide totale	amidon
Martor	11,70	24,05	35,75	43,09	13,87	25,88	39,75	23,37
NP	8,75	25,25	34,00	29,27	11,12	26,13	37,25	19,10
NP+Fe	12,33	32,04	44,37	35,35	15,84	32,16	48,00	21,55
NP+Rh	10,94	26,18	37,12	34,74	12,58	29,92	42,50	20,20
NP+Fe+Rh	11,25	26,91	38,16	40,77	13,50	30,25	43,75	21,03

Efectul observat se explică prin faptul diluției biologice, deoarece masa frunzelor la plantele fertilizate cu fosfor a fost cu mult mai mare decât la plantele martor. Totodată, într-un șir de investigații s-a confirmat că nutriția insuficientă cu fosfor a contribuit la sporirea concentrației de glucide, iar asigurarea adecvată a plantelor cu acest element a cauzat descreșterea lor, ceea ce e legat cu transportarea și acumularea acestor glucide în rădăcini și nodozități [9,10,11]. La fel, s-a constatat că aplicarea fierului concomitent cu azotul și fosforul a favorizat creșterea conținutului de monozaharide cu 40%, față de varianta de referință (NP), iar concentrația de zaharoză și zaharide totale a sporit în medie cu 24-30%. Efectuarea bacterizării semințelor nu a avut o acțiune semnificativă asupra acumulării glucidelor în frunze, atât pe fondalul fosforului, cât și pe fondalul fierului.

Concomitent cu identificarea hexozelor (glucoza, fructoza, monoza), oligoglucidelor (zaharoza), prezintă interes și conținutul de amidon – principalul poliglucid de rezervă. Evaluarea conținutului de amidon a relevat o acumulare maximă în varianta martor și o descreștere de 20% în variantele fertilizate. De asemenea, s-a evidențiat influența fierului asupra acestui indice, stimulând acumularea amidonului la aplicarea lui în combinație cu fosforul. E necesar a menționa că conținutul redus de amidon este condiționat și de condițiile climatice aride ale anului 2007. Astfel, raportul dintre conținutul de amidon și zaharide totale, în condiții optime de umiditate, a constituit 0,9-1,2.

În condiții de stres hidric, conținutul de monozaharide și zaharide totale a sporit cu 14-25%, concentrația de zaharoză s-a modificat mai puțin, iar a amidonului a diminuat cu 50-60% față de condițiile favorabile de umiditate. Deci, deficitul de umiditate a contribuit la intensificarea procesului de hidroliză a amidonului, care a cauzat majorarea conținutului de glucide solubile. Astfel, raportul dintre conținutul de amidon și zaharide totale, în condiții stresogene, constituie 0,45-0,68. Nutriția cu fosfor a manifestat o acțiune similară cu condițiile optime de umiditate, micșorând nivelul de monozaharide cu 24%, al zaharidelor totale cu 6% și al amidonului cu 43%. Efectul fierului s-a marcat prin sporirea conținutului de glucide solubile cu 14-20%, pe când nivelul amidonului s-a redus cu 27%. Așadar, condițiile climatice ale anului 2007 au modificat vectorul acumulării și translocării hidraților de carbon în plantele de soia. Fertilizarea plantelor cu fosfor a contribuit la reducerea conținutului de glucide solubile atât în rezultatul diluției biologice, cât și al transportării lor spre organele acceptori – rădăcini și nodozități. Efectul fierului pe fondalul fosforului s-a manifestat mai esențial asupra acumulării hidraților de carbon, ceea ce demonstrează participarea lui activă în procesul de fotosinteză și formarea productivității plantelor.

Concluzii

1. Acumularea maximă a masei verzi și uscate s-a produs în variantele fertilizate cu fosfor și fier în combinație cu bacterizarea semințelor cu *Bradyrhizobium japonicum*. Influența pozitivă a acestor nutrienți s-a înregistrat la ambele niveluri de umiditate a solului.
2. Stresul hidric a indus acumularea aminoacizilor liberi, precum și a sumei aminoacizilor înlocuibili și indispensabili cu 15-30%, iar utilizarea combinată a fierului, fosforului și a celor două surse de azot, minerală și biologică, a intensificat sinteza majorității aminoacizilor liberi, atât în condiții optime, cât și stresogene.
3. Fertilizarea plantelor cu fosfor a redus conținutul de monozaharide și amidon, iar nutriția cu fier pe fondalul fosforului și azotului a favorizat acumularea glucidelor la ambele niveluri de umiditate.

Referințe:

1. Andrieș S. Regimul de fosfor în solurile Moldovei și eficacitatea îngrășămintelor cu fosfor. - Chișinău, 2006. - 48 p.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. - Москва, 1989, с.62-71.
3. Gojinețchi O., Rotaru V., Corduneanu P. Acțiunea nutriției cu fosfor și fier asupra conținutului de glucide și formelor de azot în frunzele plantelor de soia, în condiții de deficit hidric // Analele Științifice ale USM. Seria „Științe chimico-biologice”. - Chișinău: CEP USM, 2006, p.338-340.
4. Кузнецов В., Дмитриева Г. Физиология растений. - Москва, 2006, с.742.
5. Плешков Б. Практикум по биохимии растений. - Москва, 1968, с.68-95.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях, с.62-71.
7. Кузьмина Н., Ершов В. Влияние факторов среды на содержание железа в растениях твёрдой пшеницы // Агрехимия. - 1999. - №10. - С.47-51.
8. Șumălan R. Testarea toleranței la deficitul hidric prin acumularea prolinei la genotipuri ale speciei *Avena Sativa L.* // Probleme de agrofitehnie teoretică și aplicată. - 1996. - Vol.18. - Nr.2. - P.139-147.
9. Ciereszkro Iw., Barbachowska A. Sucrose metabolism in leaves and roots of bean (*Phaseolus vulgaris*), during phosphate deficiency // Journal of Plant Physiology. - 2000. - Vol.156. - P.640-644.
10. Jinshu Qiu, Israel D. Carbohydrate accumulation and utilization in soybean plants in response to altered phosphorus nutrition // Physiologia Plantarum. - 1994. - Vol.90. - P.722-728.
11. Tongmin S., Israel D. Phosphorus deficiency effects on response of symbiotic N₂-fixation and carbohydrate status in soybean to atmospheric CO₂ enrichment // Journal of Plant Nutrition. - 1998. - Vol.21 - P.2207-2218.

Prezentat la 26.02.2008