

DOROTA DEC¹**HELENA KUBICKA**^{1,2}¹ Katedra Rozwoju Rolnictwa i Agrobiznesu, Politechnika Białostocka² Ogród Botaniczny CZRB PAN, Warszawa

Zawartość wybranych pierwiastków w siewkach żyta rosnących w warunkach stresu solnego w kulturach wodnych

**The content of some chemical elements in seedlings of rye grown under conditions of
salinity stress in hydroponic cultures**

Pierwiastki chemiczne N, P, K, Ca i Mg, jakkolwiek znajdują się w glebie w dużych ilościach, często występują w formie słabo rozpuszczalnej, a tym samym są trudno przyswajalne dla roślin. Ponadto, w warunkach glebowo-klimatycznych Polski pierwiastki te narażone są na straty wskutek wymywania. Muszą one zatem być wprowadzane do gleby z nawozami, i w miarę intensyfikacji rolnictwa, w coraz większych ilościach. Efektywne wykorzystanie nawozów, a także ograniczenie ich szkodliwego oddziaływania na środowisko glebowe, wymaga bardzo wnikliwego uwzględniania właściwości gleby. W pracy oznaczono zawartość pierwiastków Mg, Ca, K, P, Na i Cl w częściach nadziemnych i korzeniach czternastodniowych siewek sześciu odmian żyta ozimego: Kier, Motto, Walet, Luco, Klawo i Nawid. Siewki żyta traktowane były NaCl w czterech stężeniach: 0, 100, 150 i 200 mM. U badanych odmian żyta po traktowaniu NaCl powtarzalnie następowało obniżenie zawartości pierwiastków P, Ca, K i Mg i wzrost zawartości Na i Cl. Odmiany żyta nieznacznie różniły się zawartością poszczególnych pierwiastków. Jednak odmiana Luco, która była najbardziej tolerancyjna na zasolenia pożywki, zawierała nieco więcej wapnia, potasu, fosforu i magnezu, a jednocześnie najwięcej chloru i sodu.

Słowa kluczowe: pierwiastki, siewki, stres solny, zawartość, żyto

The chemical elements N, P, K, Ca and Mg, although present in soil in great amounts, are hardly available to plants because they often occur in quite insoluble forms. Moreover, in the soil and climate conditions of Poland, these elements are fairly lost due to leaching out. They must be therefore complemented in soil by introducing with fertilizers. Effective application of fertilizers, as well as reduction of their harmful effects upon soil, require the good knowledge of soil properties. In this work the content of Mg, Ca, K, P, Na and Cl of above-ground parts and roots of 2-week old seedlings of six winter rye varieties: Kier, Motto, Walet, Luco, Klawo and Nawid was determined. The seedlings were treated with NaCl applied at the concentrations of 0, 100, 150 and 200 mM. The salinity stress effected in the distinct decrease in the content of P, Ca, K and Mg, and in the increase in Na and Cl content. Slight differences in the content of particular elements between the rye varieties were found. Only var. Luco, which appeared to be most tolerant to salinity, contained relatively more calcium, potassium, phosphorus and magnesium, and the greatest amount of chlorine and sodium.

Key words: chemical elements, salinity stress, seedlings, winter rye

WSTĘP

Stężenie jonów w roztworze glebowym może wzrosnąć ponad normę w wyniku tzw. zjawiska podsiąkania, gdy uruchamiane są zasoby wody z głębszych warstw ziemi, co ma miejsce zwłaszcza w okresie przedłużającej się suszy (Sapek, 2003). Na wzrost zasolenia gleb wpływa również zmniejszenie ilości opadów. Powszechnie wiadomo, że zasolenia podłoża nie można wyeliminować całkowicie. Problem ten można rozwiązać, natomiast w następujący sposób: po pierwsze poprzez poszukiwanie roślin tolerancyjnych na działanie tego czynnika stresowego, a po drugie poprzez stosowanie związków chemicznych zwanych regulatorami wzrostu, które osłabiają działanie stresu solnego w roślinach (Kabata-Pendias i Pendias, 1999; Sadat Noori i McNeilly, 2000).

Selekcja roślin tolerancyjnych na zasolenie prowadzona jest głównie w stadium kiełkowania nasion i młodych siewek. Uzasadnione jest to tym, że zdecydowana większość gatunków roślin jest najwrażliwsza na działanie stresu solnego w początkowej fazie wzrostu. Na przykład pszenica, sorgo, ryż i niektóre trawy (np. gatunek żyta *Secale montanum*) są mniej wrażliwe na zasolenie w fazie kiełkowania niż w stadium trzech liści (Noble, 1985). Natomiast inne gatunki roślin, takie jak: jęczmień i pomidor, wykazują zróżnicowaną reakcję na zasolenie w różnych fazach rozwojowych, dlatego pożądana jest ich ocena podczas całego cyklu rozwojowego. We wcześniejszych badaniach Dec i wsp. (2003) oraz Kubicka i Dec (2004) wykazały, że odmiany i linie wsobne żyta zróżnicowanie reagują na zasolenie podłoża. W związku z tym celowe było określenie zawartości pierwiastków w siewkach odmian żyta rosnących w warunkach stresu solnego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w kulturze hydroponicznej na pożywce Hoaglanda. Siewki żyta traktowano przez 14 dni chlorkiem sodu w czterech stężeniach (0, 100, 150 i 200 mM) w dwóch powtórzeniach, w pojemnikach o pojemności 1500 ml. W każdym pojemniku umieszczano po 30 siewek na siatkach pływających na powierzchni roztworów. Na 14 dniowych siewkach sześciu odmian (Kier, Motto, Walet, Luco, Klawo i Nawid) żyta ozimego oznaczono oddzielnie w części nadziemnej i korzeniach roślin następujące pierwiastki: Mg, Ca, K i Na w dwóch powtórzeniach za pomocą spektrofotometrii absorpcji atomowej przy użyciu aparatu 1000B, firmy Perkin Elmer. Natomiast P oznaczono metodą molibdenową a Cl przy pomocy elektrody jonoselektywnej. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Wykonano trójczynnika analizę wariancji w programie Statistica, a istotności różnic weryfikowano testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Analizowano zawartość wybranych pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych w sześciu odmianach żyta (Klawo, Luco, Nawid, Kier, Motto i Walet).

Przeprowadzona trójczynnikowa analiza wariancji zawartości wybranych pierwiastków w materiale roślinnym odmian żyta traktowanych chlorkiem sodu wykazała, że wszystkie czynniki (zawartość pierwiastków, stężenie chlorku sodu i odmiana) miały istotny wpływ na zawartość pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych oraz współdziałanie odmian i stężeń NaCl. Natomiast nie stwierdzono istotnego wpływu pomiędzy współdziałaniem stężenia NaCl a zawartością pierwiastków a odmianami żyta (tab. 1).

Tabela 1

Analiza wariancji zawartości wybranych pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych odmian żyta po działaniu NaCl
Analysis of variance for the content of chemical elements in roots and shoots of rye after exposure to NaCl

Źródło zmienności Source of variability	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean square	
		zawartość pierwiastków chemical elements content	
		korzenie — roots	części nadziemne — shoots
Zawartość pierwiastków (A) Chemical elements (A)	5	14,13**	17,73**
Stężenie NaCl (B) Concentration of NaCl (B)	3	26,02**	37,24**
Odmiany żyta (C) Rye varieties (C)	5	15,79**	24,61**
A × B	15	1,81	2,68
A × C	25	1,15	2,14
B × C	15	20,48**	27,85**
Błąd Error	75	1,14	2,50

** Wartości istotne przy $\alpha = 0,05$

** Significant at $\alpha = 0.05$

Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem zastosowanych stężeń soli wzrastała zawartość sodu i chloru zarówno w korzeniach jak i częściach nadziemnych, natomiast zawartość pozostałych pierwiastków obniżała się w stosunku do kontroli (tab. 2). Części nadziemne odmian żyta kumulowały dwa razy więcej chloru, aniżeli korzenie, z wyjątkiem odmiany Luco, która gromadziła go nawet trzy razy więcej. Prawie wszystkie odmiany żyta zawierały również dwa razy więcej sodu w liściach, niż w korzeniach. Jedynie odmiana Luco kumulowała nieco mniej tego pierwiastka w liściach. Podobnie zawartość potasu była kilkakrotnie wyższa w liściach, a najwięcej zawierały go odmiany: Luco i Motto. U odmian: Luco, Motto i Nawid stwierdzono nieco więcej wapnia w korzeniach, natomiast u pozostałych odmian było odwrotnie. Najniższą zawartość tego pierwiastka odnotowano w korzeniach kontroli odmiany Klawo. Pozostałe pierwiastki takie jak: P i Mg gromadzone były w odmianach żyta w podobnych ilościach zarówno w częściach nadziemnych, jak i podziemnych. Nieco wyższą ich zawartość odnotowano u odmiany Luco.

Tabela 2

Zawartość wybranych pierwiastków w roślinach odmian żyta traktowanych NaCl
Content of chemical elements in rye after exposure to NaCl

Odmiana Variety	Zawartość pierwiastków w s.m. — Chemical elements content					
	P %	Ca %	K %	Na %	Mg %	Cl %
Korzenie — Roots						
Motto — Kontrola — Control	1,72	1,65	1,39	0,042	0,31	0,12
Motto 100 mM NaCl	0,55	0,27	0,7	1,9	0,13	3,2
Motto 150 mM NaCl	0,55	0,2	0,54	1,87	0,13	3,04
Motto 200 mM NaCl	0,53	0,17	0,39	2,49	0,13	3,43
Walet Kontrola (Control)	1,56	1,28	6,71	0,021	0,41	0,26
Walet 100 mM NaCl	0,87	0,5	3,03	3,39	0,19	2,97
Walet 150 mM NaCl	0,7	0,39	2,45	4,14	0,15	9,53
Walet 200 mM NaCl	0,69	0,38	2,16	4,73	0,14	10,96
Kier — Kontrola — Control	0,9	0,7	0,55	0,019	0,19	0,08
Kier 100 mM NaCl	0,63	0,37	0,82	1,83	0,15	2,95
Kier 150 mM NaCl	0,65	0,37	0,8	2,6	0,1	2,32
Kier 200 mM NaCl	0,42	0,19	0,43	2,1	0,09	3,33
Luco — Kontrola — Control	1,35	1,22	4,75	0,041	0,4	0,34
Luco 100 mM NaCl	0,83	0,42	3,9	2,16	0,17	6,49
Luco 150 mM NaCl	0,88	0,5	2,34	4,86	0,17	8,81
Luco 200 mM NaCl	0,56	0,48	2,08	4,21	0,17	7,83
Klawo — Kontrola — Control	1,12	0,93	0,88	0,023	0,26	0,08
Klawo 100 mM NaCl	0,6	0,33	0,81	1,87	0,14	2,67
Klawo 150 mM NaCl	0,3	0,19	0,39	1,16	0,08	2,77
Klawo 200 mM NaCl	0,4	0,13	0,36	1,72	0,12	4,17
Nawid — Kontrola — Control	1,33	1,04	5,12	0,031	0,3	0,25
Nawid 100 mM NaCl	0,82	0,53	3,1	3,51	0,19	7,62
Nawid 150 mM NaCl	0,82	0,47	2,64	4,28	0,2	8,36
Nawid 200 mM NaCl	0,82	0,42	2,18	4,45	0,16	8,83
Części nadziemne — Shoots						
Motto — Kontrola — Control	1,52	1,52	1,35	0,014	0,4	0,04
Motto 100 mM NaCl	0,81	1,08	1,01	6	0,22	3,39
Motto 150 mM NaCl	0,52	0,25	0,63	2,3	0,13	12,07
Motto 200 mM NaCl	0,4	0,25	0,53	6,15	0,13	4,09
Walet Kontrola (Control)	1,44	1,03	6,16	0,019	0,4	0,24
Walet 100 mM NaCl	0,99	0,48	3,09	2,78	0,19	6,07
Walet 150 mM NaCl	0,73	0,45	2,1	4,8	0,17	13,14
Walet 200 mM NaCl	0,66	0,58	1,84	14,58	0,24	9,71
Kier — Kontrola — Control	0,78	0,42	0,84	0,03	0,41	0,08
Kier 100 mM NaCl	0,6	0,43	0,7	1,36	0,16	2,19
Kier 150 mM NaCl	0,45	0,15	0,45	1,25	0,1	2,37
Kier 200 mM NaCl	0,51	0,16	0,45	1,71	0,13	3,15
Luco — Kontrola — Control	1,23	0,79	4,86	0,026	0,48	0,22
Luco 100 mM NaCl	0,9	0,51	3,28	2,23	0,18	6,09
Luco 150 mM NaCl	0,92	0,29	2,95	2,93	0,17	5,48
Luco 200 mM NaCl	0,62	0,33	1,87	4,15	0,14	8,86
Klawo Kontrola (Control)	0,53	2,56	0,64	0,012	0,16	0,04
Klawo 100 mM NaCl	0,52	0,21	0,68	1,25	0,11	2,96
Klawo 150 mM NaCl	0,5	0,21	0,55	1,73	0,09	3,22
Klawo 200 mM NaCl	0,36	0,15	0,27	1,84	0,08	3,43
Nawid — Kontrola — Control	1,23	0,71	5,23	0,024	0,31	0,37
Nawid 100 mM NaCl	0,86	0,5	2,15	4,2	0,17	7,23
Nawid 150 mM NaCl	0,95	0,45	1,99	5,12	0,15	9,01
Nawid 200 mM NaCl	0,98	0,38	2,06	4,9	0,15	9,36

Odmiany żyta w niewielkim stopniu różniły się zawartością poszczególnych pierwiastków, chociaż zaobserwowano zwiększoną zawartość Ca, K, P i Mg u odmiany Luco, która odznaczała się najwyższą tolerancją na zasolenie. Jednocześnie odmiana Luco zawierała najwięcej chloru w liściach i sodu w korzeniach. Być może ta wysoka zawartość tych pierwiastków, była neutralizowana wyższą zawartością takich pierwiastków jak: Mg, P, K i Ca. Chlorek sodu powodował obniżenie zawartości suchej masy proporcjonalnie do stężenia NaCl (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość suchej masy w odmianach żyta po działaniu NaCl Content of dry matter of rye after exposure to NaCl	
Odmiana Variety	Sucha masa (%) Dry matter (%)
Motto	
Kontrola — Control	88,45
Motto 100 mM NaCl	88,23
Motto 150 mM NaCl	87,15
Motto 200 mM NaCl	87,06
Walec Kontrola (Control)	89,56
Walec 100 mM NaCl	89,12
Walec 150 mM NaCl	88,65
Walec 200 mM NaCl	88,32
Kier	
Kontrola — Control	89,83
Kier 100 mM NaCl	89,00
Kier 150 mM NaCl	88,76
Kier 200 mM NaCl	87,73
Luco Kontrola (Control)	90,21
Luco 100 mM NaCl	90,00
Luco 150 mM NaCl	89,67
Luco 200 mM NaCl	89,25
Klawo	
Kontrola — Control	91,01
Klawo (75 mM NaCl)	89,05
Klawo (150 mM NaCl)	88,68
Klawo (200 mM NaCl)	86,94
Nawid (kontrola) (Control)	89,78
Nawid (75 mM NaCl)	87,36
Nawid (150 mM NaCl)	86,83
Nawid (200 mM NaCl)	86,25

DYSKUSJA

We wcześniejszych badaniach autorki (Dec i in., 2003; Kubicka i Dec, 2004) stwierdziły, że zasolenie podłoża wpływa na obniżenie wzrostu roślin. Chlorek sodu powoduje zakłócenie równowagi pomiędzy pierwiastkami (K, P, Ca Mg), a także zmienia stosunek stężenia kationów K^+ do Na^+ . W pędach i korzeniach roślin rosnących w stresie solnym stwierdzono znaczny wzrost zawartości sodu i chloru podobnie jak Shannon i wsp. (1998). Autorzy ci (Shannon i in., 1998) zaobserwowali znaczną redukcję zawartości potasu i jednocześnie zwiększoną akumulację Na i Cl po traktowaniu chlorkiem sodu

odmian ryżu przez 21 i 42 dni. Po 42 dniach obserwacji, stwierdzili istotne obniżenie stosunku K/Na w roślinach. Wykazali również, że w roślinach ryżu traktowanych NaCl, występowała redukcja zawartości suchej masy w częściach nadziemnych. Działanie stresu spowodowane nadmiarem soli w podłożu, wpływało negatywnie na wzrost roślin, jak również na przyswajanie składników pokarmowych (makro i mikroelementów).

Według Zhu i wsp. (2001) oraz Rubio i wsp. (2003) stres solny wpływał również na przemieszczanie się fosforu z korzeni do pędów oraz obniżenie zawartości Ca i Mg u ryżu i pieprzu.

Mając na uwadze powyższe doniesienia (Shannon i in., 1998; Zhu i in., 2001; Rubio i in., 2003), podjęto próbę zbadania wpływu zasolenia na zawartość wybranych pierwiastków w siewkach odmian żyta ozimego. Otrzymano podobne rezultaty badań.

U badanych sześciu odmian (Klawo, Luco, Nawid, Kier, Motto i Walet) po traktowaniu NaCl wystąpiła prawidłowość obniżenie zawartości pierwiastków P, Ca, K i Mg i wzrost Na i Cl. Odmiany żyta różniły się nieznacznie zawartością poszczególnych pierwiastków. Jednak odmiana Luco, która była najbardziej tolerancyjna na zasolenia pożywki, zawierała nieco więcej wapnia, fosforu i magnezu i jednocześnie najwięcej chloru i sodu.

W przyszłości podobne badania przeprowadzone zostaną na liniach wsobnych żyta.

WNIOSKI

1. U badanych odmian żyta, po traktowaniu 100, 150 i 200 mM NaCl, wystąpiła następująca prawidłowość: obniżenie zawartości P, Ca, K i Mg, a wzrost Na i Cl w korzeniach i częściach nadziemnych siewek.
2. Odmiany żyta nieznacznie różniły się zawartością pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych roślin rosnących w stresie solnym.
3. Odmiana Luco najbardziej tolerancyjna na zasolenie charakteryzowała się najwyższą zawartością oznaczonych pierwiastków (P, Ca, K, Mg) w tym sodu i chloru.
4. Stężenia chlorku sodu powodują zmniejszanie zawartości suchej masy w siewkach żyta.

LITERATURA

- Dec D., Kubicka H., Koprowicz M. 2003. Wpływ zasolenia na kiełkowanie i wzrost siewek linii wsobnych żyta ozimego. Biul. IHAR 226/227/2: 333 — 338.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biochemia pierwiastków śladowych. Wyd. II zmienione PWN, Warszawa: 329 — 336.
- Kubicka H., Dec D. 2004. Stres solny a wzrost siewek żyta. Pod red. Zofii Tomczonek. Zarządzanie teraźniejszość i przyszłość. Politechnika Białostocka, Rozprawy Naukowe 113: 364 — 370.
- Noble C. J. 1985. Germination and growth of *Secale montanum* Guss in presence of sodium chloride. J. Agric. Res. 36: 385 — 395.
- O'Neill P. 1997. Chemia środowiska. PWN, Warszawa — Wrocław.
- Rubio R., Flores P., Navarro J. M., Martinez V. 2003. Effects of Ca^{2+} , K^+ and cGMP on Na^+ uptake in pepper plants. Plant Sci. 165: 1043 — 1049.
- Sadat Noori S. A., McNeilly T. 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth in *Triticum durum* Desf. Genet. Resour. Crop Evolut. 47: 285 — 291.

- Sapek B. 2003. Wapń — jego niedobór lub nadmiar w świetle ryzyka środowiskowego. Obieg Pierwiastków w Przyrodzie. Monografia t. II: 62 — 70.
- Shannon M. C., Rhoades J. D., Draper J. H., Scardaci S. C., Spyres M. D. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. Crop Sci. 38: 394 — 398.
- Zhu G. Y., Kinet J. M., Lutts S. 2001. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) F₃ populations selected for salt resistance. I. Physiological behavior during vegetative growth. Euphytica 121: 251 — 263.