

WPŁYW NaCl NA ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW W LIŚCIACH I KORZENIACH PSZENICY OZIMEJ ODMIANY ALMARI

*Renata Matuszak¹, Małgorzata Włodarczyk², Aleksander Brzóstowicz¹,
Jerzy Wybieralski²*

¹Zakład Fizyki, Instytut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza
ul. Papieża Pawła VI/3, 71-459 Szczecin
e-mail: renia@agro.ar.szczecin.pl

²Akademia Rolnicza, Katedra Chemii Ogólnej, ul. Słowackiego 17, 71- 434 Szczecin

Streszczenie. W pracy zbadano wpływ NaCl w pożywce Hoaglanda – w stężeniach 0, 25, 50, 75, 100 i 150 mmol·dm⁻³ – na zawartość Na, K, Mg i Ca w liściach i korzeniach pszenicy ozimej odm. Almari, po 14 i 28 dniach wzrostu w obecności NaCl. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda, po 14 i 28 dniach wzrostu, zaobserwowano zmniejszanie się zawartości badanych makroelementów w suchej masie liści i korzeni. Zawartość sodu w liściach i korzeniach badanych siewek zwiększała się wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda. Większą akumulację sodu, magnezu i wapnia stwierdzono w korzeniach badanych siewek niż liściach. W przypadku potasu stwierdzono, że jego koncentracja, po 14 i 28 dniach wzrostu była większa w liściach niż w korzeniach.

Słowa kluczowe: NaCl, makroelementy, pszenica

WSTĘP

Zasolenie podłoża jest obecnie jednym z głównych problemów światowego rolnictwa. Przy wysokiej koncentracji soli w podłożu spowodowanej nie tylko procesami naturalnymi, ale również antropogenicznymi większość roślin zbożowych nie jest w stanie prawidłowo się rozwijać (Chinnusamy i in. 2005, Flowers 2004, Kalaji i Pietkiewicz 1993, Munns 2002, Starck i in. 1995). Rośliny wykazują różną wrażliwość na zasolenie podłoża. Zależy ona od wielu czynników, m.in. od gatunku a nawet odmiany, fazy rozwojowej oraz wielu towarzyszących czynników środowiskowych (Chinnusamy i in. 2005, Kalaji i Pietkiewicz 1993). W warunkach nadmiernego zasolenia podłoża roślina narażona jest na zaburzenia w pobieraniu wody, naruszenie równowagi jonowej oraz zatrucie jonami Na⁺ i Cl⁻. Przyczyną zakłóceń w gospodarce jonowej, może być nadmierna akumulacja jonów sodu i chloru, co prowadzi do ograniczonego pobierania innych jonów, zwłaszcza jo-

nów potasu oraz kationów dwuwartościowych, głównie wapnia (Kacperska 2002, Ramoliya i in. 2004, Starck i in. 1995).

Wcześniejsze badania dotyczące wpływu NaCl na wzrost i mrozoodporność siewek pszenicy ozimej odm. Almari wykazały, że niewielkie stężenia NaCl stymulują jej wzrost. Ponadto uzyskane wartości parametrów luminescencyjnych wskazały, że transport elektronowy w fotosystemie II pod wpływem NaCl staje się mniej wrażliwy na niską temperaturę. Może to sugerować wzrost termostabilności błon tylakoidalnych pod wpływem NaCl (Matuszak i Brzostowicz 2003). Ponadto rośliny pochodzące z zasolonego podłoża mają na ogół bardzo niski potencjał osmotyczny soku komórkowego zarówno na skutek akumulacji jonów jak i aktywnej osmoregulacji. Wzajemne stosunki ilościowe poszczególnych jonów w roztworze mają duże znaczenie dla ich pobierania. Wpływ ten nie dotyczy jedynie interakcji tylko pomiędzy jonami obdarzonymi tym samym ładunkiem, lecz również między jonami dodatnimi i ujemnymi. W związku z tym podjęto badania, których celem było określenie wpływu różnych stężeń NaCl w pożywce Hoaglanda na zawartość makroelementów w liściach i korzeniach siewek pszenicy ozimej odm. Almari, po 14 i 28 dniach wzrostu.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na siewkach pszenicy ozimej odm. Almari. Doświadczenie prowadzono w kulturach wodnych. Roztwory NaCl rozcieńczono w proporcji 1:1 z pożywką Hoaglanda tak, aby końcowe stężenie soli wynosiło odpowiednio: 25, 50, 75, 100 i 150 mmol·dm⁻³. Obiekt kontrolny stanowił roztwór pożywki Hoaglanda i wody destylowanej w stosunku 1:1.

Ziarniaki pszenicy rozłożono w kiełkownikach „Szmala” (Kospin, Poddębice), następnie zalano roztworami NaCl. Tak przygotowany materiał umieszczano w minifitotronie, w kontrolowanych warunkach (temperatura 20°C, oświetlenie 200 μmol fotonów·m⁻²·s⁻¹ w zakresie PAR, fotoperiod 12h/12h dzień/noc). Od trzeciego dnia doświadczenia stopniowo obniżano temperaturę do +10°C w tempie 2°C/dobę. W tych warunkach siewki pszenicy wyrastały przez 28 dni.

Pomiar zawartości makroskładników wykonano w liściach i korzeniach siewek pszenicy Almari po 14 i 28 dniach wzrostu. Oznaczono zawartość wybranych pierwiastków mineralnych: Na, K, Mg i Ca, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), po wcześniejszym ich zmineralizowaniu w stężonym HNO₃.

Uzyskane rezultaty opracowano statystycznie przy pomocy programu Statistica, wersja 7.0. Na postawie 2-czynnikowej analizy wariancji (organ wegetatywny, stężenie NaCl) wyseparowano grupy jednorodne za pomocą testu Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone w niniejszej pracy badania dotyczące wpływu NaCl na zawartość w siewkach pszenicy badanych pierwiastków wskazują na występowanie różnic w ich akumulacji w tkankach liści oraz korzeni siewek rosnących na pożywce o różnych stężeniach NaCl w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

Wzrastające stężenie soli w pożywce spowodowało wielokrotny wzrost akumulacji sodu, w suchej masie liści i korzeni badanych roślin, po 14 i 28 dniach wzrostu (tab. 1 i 2). Siewki pszenicy rosnące w obecności NaCl charakteryzowały się statystycznie istotnie większą zawartością sodu w liściach i korzeniach niż rośliny kontrolne. W korzeniach siewek pszenicy rosnących na pożywce o różnych stężeniach NaCl oraz roztworze kontrolnym stwierdzono istotnie większą zawartość sodu niż w liściach, tak po 14 jak i po 28 dniach wzrostu. Tolerancja soli u glikofitów jest związana ze zdolnością do ograniczonego pobierania oraz transportu głównie jonów Na^+ i Cl^- ze strefy korzeni do części nadziemnych. Chartzoulakis i in. [1] badając wpływ NaCl na wzrost drzewek oliwnych oraz powołując się na Zandstra-Plom i in. (1998), którzy badali transport sodu w roślinach pieprzu, rosnących w obecności stresu solnego, stwierdzili, że wykluczanie oraz kompartmentacja jonów sodu w korzeniu reguluje jego stężenie w ksylemie, nie dopuszczając do nadmiernej akumulacji sodu w nadziemnych częściach rośliny. Większa akumulacja jonów sodu w korzeniach badanych roślin może, wskazywać na istnienie mechanizmów hamujących transport Na do liści.

Zwiększaniu akumulacji sodu w liściach i korzeniach badanych roślin towarzyszyły zmiany zawartości potasu, wapnia i magnezu. Analizując wyniki przeprowadzonych w niniejszej pracy badań, po 14 i 28 dniach wzrostu, zaobserwowano zmniejszanie się zawartości makroelementów (K, Mg i Ca) w suchej masie liści i korzeni siewek badanej pszenicy, wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda (tab. 1 i 2). W porównaniu do roślin kontrolnych istotnie mniejszą zawartością potasu, magnezu i wapnia charakteryzowały się siewki rosnące na pożywce o różnym stężeniu NaCl.

Zaobserwowano, większą akumulację magnezu i wapnia w korzeniach niż liściach, zarówno po 14 i 28 dniach trwania doświadczenia (tab. 1 i 2). Stwierdzono, że zawartość magnezu w korzeniach jest istotnie większa niż liściach. Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku wapnia. Statystycznie istotne różnice w jego akumulacji między korzeniami i liśćmi występują tylko przy niewielkich stężeniach NaCl. Wówczas istotnie większą zawartością wapnia charakteryzują się korzenie niż liście. Wapń odgrywa ważną funkcję podczas stresu solnego, głównie w zachowaniu integralności błony komórkowej oraz jako wtórny przekaznik informacji, uczestniczący w mechanizmach przekazywania sygnałów ze środowiska (Kacperska 2002, Ramoliya i in. 2004). Nadmiar sodu może dopro-

wadzić do deficytu wapnia w roślinie, gdyż w wyniku wymiany jonowej wapń może zostać usunięty ze środowiska korzeni (Kacperska 2002).

Tabela 1. Zawartość Na, K, Ca i Mg w liściach i korzeniach siewek pszenicy odmiany Almari po 14 dniach wzrostu w zależności od stężenia NaCl

Table 1. Content of Na, K, Ca and Mg in leaves and roots of wheat seedlings of cultivar Almari after 14 days treatment in relation to concentration of NaCl

Organ vegetatywny Vegetation organ	Stężenie NaCl Concentration of NaCl (mmol·dm ⁻³)	Zawartość w suchej masie roślin Content in dry matter (mg·(gsm ⁻¹))			
		Na	K	Ca	Mg
Korzenie Roots	0	2,34 b	24,91 f	16,58 f	38,57 i
	25	31,65 g	18,24 c	12,97 e	29,63 h
	50	39,69 h	15,54 b	10,42 cde	23,52 g
	75	42,76 i	13,44 a	8,92 bcd	20,23 f
	100	48,87 j	14,60 ab	8,98 bcd	20,06 f
	150	59,29 k	15,55 b	8,33 bcd	16,68 e
Liście Leaves	0	0,72 a	29,99 h	26,57 g	15,03 d
	25	12,77 c	26,12 g	10,74 de	13,19 c
	50	14,96 d	21,59 d	8,30 bc	11,12 b
	75	18,33 e	19,01 c	6,96 ab	10,62 b
	100	18,78 e	22,32 d	6,71 ab	10,19 b
	150	21,34 f	23,48 e	5,68 a	9,08 a

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya – Values within columns marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$; Tukey's test.

Zwiększonej akumulacja sodu w suchej masie siewek pszenicy towarzyszą również zmiany zawartości potasu (tab. 1 i 2). Nadmiar jonów, głównie Na⁺ i Cl⁻ może być przyczyną zakłóceń w gospodarce jonowej roślin. Może prowadzić między innymi do deficytu potasu, z powodu konkurencji obu jonów o te same miejsca wiązania w korzeniach (Kacperska 2002). Ekspozycja roślin na wzrastające stężenia NaCl spowodowała istotne zmieszenie akumulacji jonów potasu w suchej masie liści i korzeni. Ponadto stwierdzono istotnie większą w stosunku do roślin kontrolnych akumulację K, zwłaszcza po 14 dniach wzrostu, w liściach niż korzeniach. Również Chartzoulakis i in. (2002) stwierdzili spadek zawartości

potasu w korzeniach i starszych liściach drzewek oliwnych. Zdolność do zachowania przez drzewka oliwne względnie wysokich poziomów potasu w młodych liściach, umożliwia dostosowanie osmotyczne do warunków stresu. Utrzymanie odpowiednich poziomów potasu jest bardzo ważne dla przetrwania w warunkach stresu solnego, ponieważ potas jest pierwiastkiem uczestniczącym w osmoregulacji i utrzymaniu równowagi jonowej (Kacperska 2002, Ramoliya i in. 2004).

Tabela 2. Zawartość Na, K, Ca i Mg w liściach i korzeniach siewek pszenicy odmiany Almari po 28 dniach wzrostu w zależności od stężenia NaCl

Table 2. Content of Na, K, Ca and Mg in leaves and roots of wheat seedlings of cultivar Almari after 28 days treatment in relation to concentration of NaCl

Organ wegetatywny Vegetation organ	Stężenie NaCl Concentration of NaCl (mmol·dm ⁻³)	Zawartość w suchej masie roślin Content in dry matter (mg·(gsm ⁻¹))			
		Na	K	Ca	Mg
Korzenie Roots	0	2,45 a	27,17 g	42,56 g	44,36 g
	25	58,33 g	24,98 f	37,14 f	30,44 f
	50	57,07 g	18,41 c	17,25 d	23,76 e
	75	52,94 f	13,24 a	11,84 bc	17,41 d
	100	59,08 g	15,99 b	10,49 abc	18,14 d
	150	75,86 h	14,16 a	10,34 abc	15,05 cd
Liście Leaves	0	0,22 a	30,62 h	33,39 e	17,56 d
	25	16,24 b	33,70 i	12,39 c	15,08 cd
	50	19,57 c	23,03 e	9,92 abc	13,36 bc
	75	23,41 d	18,81 c	8,68 ab	9,96 ab
	100	23,73 d	18,09 c	7,76 a	9,46 a
	150	29,69 e	21,34 d	7,02 a	8,72 a

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya – Values within columns marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$; Tukey's test.

PIŚMIENICTWO

- Chartzoulakis K., Loupassaki M., Bertaki M., Androulakis I., 2002. Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate of six olive cultivars. *Sci. Hortic.*, 96, 235-247.
- Chinnusamy V., Jagendorf A., Zhu J.K., 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.*, 45,437-448.
- Flowers T. J., 2004. Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot.*, 55(396), 307-319.

- Kacperska A., 2002. Reakcje roślin na abiotyczne czynniki środowiska. W. „Fizjologia roślin” (J. Kopcewicz, S. Lewak, red.). PWN, Warszawa, s.806.
- Kalaji M. H., Pietkiewicz S., 1993. Salinity effects on plant growth and other physiological processes. *Acta Physiol. Plant.*, 15(2), 82-124.
- Matuszak R., Brzóstowicz A., 2003. Ocena wpływu NaCl na wzrost i mrozooporność siewek dwóch odmian pszenicy ozimej. *Acta Agrophysica*, 82, 119-129.
- Munns R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell Environ.*, 25, 239-250.
- Ramoliya P.J., Patel H.M., Pandey A.N., 2004. Effect of salinisation of soil on growth and macro and micro nutrient accumulation in seedlings of *Acacia catechu* (Mimosaceae). *Ann. Appl. Biol.*, 144, 321-332.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Zandstra-Plom, M., Vogelrang, S.A., Veen, B.N., 1998. Sodium fluxes in sweet pepper exposed to varying sodium concentrations. *J. Exp. Bot.*, 49, 1863-1868.

EFFECT OF NaCl ON MACRO-NUTRIENTS ACCUMULATION IN LEAVES AND ROOTS OF WINTER WHEAT CV. ALMARI

*Renata Matuszak¹, Małgorzata Włodarczyk², Aleksander Brzóstowicz¹,
Jerzy Wybieralski²*

¹Department of Physics, Agricultural University, ul. Papieża Pawła VI No 3, 71-459 Szczecin
e-mail: renia@agro.ar.szczecin.pl

²Department of General Chemistry, Agricultural University, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

Abstract. Influence of NaCl (0, 25, 50, 75, 100 and 150 mmol dm⁻³) content in Hoagland medium on accumulation of Na, K, Mg and Ca in leaves and roots of winter wheat seedlings cv. Almari after 14 and 28 days treatment was studied. Together with increase of NaCl concentration in the medium, a decrease in macroelements content in dry matter of leaves and roots was observed. Increase in Na content in leaves and roots seedlings with increase of NaCl concentration was noted. Greater Na, Mg and Ca accumulation was observed in roots than in leaves. In the case of K content, greater concentration was observed in leaves than in roots after 14 and 28 days treatment.

Keywords: NaCl, macro-nutrients, wheat