

WPŁYW NaCl NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MIKROELEMENTÓW
W LIŚCIACH I KORZENIACH SIEWEK PSZENICY OZIMEJ
ODMIANY ALMARI

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

¹Katedra Fizyki i Agrofizyki, Instytut Inżynierii Rolniczej,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. Papieża Pawła VI/3, 71-459 Szczecin
e-mail: Renata.Matuszak@zut.edu.pl

²Katedra Chemii Ogólnej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu NaCl (25, 50, 75, 100 i 150) mmol·dm⁻³ na zawartość wybranych mikroelementów w liściach i korzeniach siewek pszenicy odmiany Almari rosnących w kulturach wodnych, w kontrolowanych warunkach. Wpływ zasolenia na zawartość Mn, Fe i Zn w siewkach pszenicy był złożony. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem stężenia soli w pożywce zmniejszała się zawartość Mn, w suchej masie liści, a wzrastała w suchej masie korzeni. Obecność NaCl w pożywce nieznacznie wpływała na zawartość Fe i Zn w liściach siewek pszenicy. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem stężenia soli w pożywce, w korzeniach siewek pszenicy zmniejszała się zawartość Fe a wzrastała Zn. Większą akumulację Mn i Zn w korzeniach badanych roślin w porównaniu z liśćmi, stwierdzono u siewek rosnących przy wyższych stężeniach NaCl. Stwierdzono nieznaczne zwiększenie wartości stosunku Fe/Mn w liściach roślin rosnących przy wyższych stężeniach NaCl, podczas gdy w korzeniach wartość tego stosunku ulegała obniżeniu wraz ze wzrostem NaCl w pożywce.

Słowa kluczowe: pszenica, NaCl, mikroelementy

WSTĘP

Głównym źródłem pierwiastków śladowych dla rośliny jest gleba lub pożywka wodna (np. hydroponiki). Mechanizm pobierania pierwiastków śladowych przez korzenie rośliny jest złożony i zależy między innymi od takich procesów jak: wymiana kationowa przez błony komórkowe, transport wewnątrzkomórkowy a także procesy ryzosfery. Ponadto na mechanizmy pobierania składników po-

karmowych wpływają jony i substancje wydzielane przez korzenie oraz drobno-ustroje. Na fitoprzyswajalność pierwiastków śladowych wpływa również odczyn roztworów w pobliżu korzeni (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Do pierwiastków niezbędnych dla rozwoju większości roślin zalicza się między innymi Fe, Mn i Zn. Wspólną fizjologiczną cechą wszystkich pierwiastków jest to, że bez względu na ich rolę w metabolizmie roślin nadmiar ich jest zawsze szkodliwy. Natomiast niedobór takich pierwiastków jak: B, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn powoduje zaburzenia metabolizmu i rozwoju roślin (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Już w warunkach naturalnych obserwuje się duże zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych w suchej masie roślin, w zależności od gatunków, a nawet i odmian roślin, jak również od warunków wegetacji (Mehra i Farago 1994, Kabata-Pendias i Pendias 1999). Proces ten staje się jeszcze bardziej złożony, gdy weźmiemy pod uwagę czynniki stresowe, którym może być poddana roślina, ponieważ czynniki stresotwórcze zawsze powodują obniżenie plonu i pogorszenie jego jakości.

W środowisku naturalnym rośliny rosnąc i rozwijając się są narażone na działanie czynników stresowych. Jednym z ważniejszych czynników środowiskowych ograniczającym produktywność roślin uprawnych jest zasolenie gleby. Ograniczone zasoby słodkiej wody zmuszają do użycia do nawadniania wody o niskiej jakości, najczęściej wód zasolonych (woda morska częściowo odsolona). Niewydajna i niewłaściwie prowadzona irygacja prowadzi nie tylko do marnowania wody, ale także zagraża środowisku naturalnemu, powodując wtórne zasolenie gleb i dalej wpływając na wzrost roślin uprawnych (Yeo 1999, Sadeh i Ravina 2000, Flowers 2004). Tym bardziej, że większość roślin uprawnych naszego klimatu to typowe glikofity z małą tolerancją na zasolenie (Starck i in. 1995). Wśród roślin zbożowych pszenica jest zaliczana do roślin umiarkowanie tolerancyjnych wobec stresu solnego (Mer i in. 2000; Woźny 2004).

Dostępność większości mikroelementów zależy od pH i przewodnictwa elektrycznego roztworu glebowego (Grattan i Grieve 1999). W glebach silnie zasolonych pH zwiększa się od neutralnego do alkalicznego, zmniejsza się, więc przyswajalność Mn, Zn Fe, Cu i Co. Według danych literaturowych zasolenie podłoża może wpływać na zawartość mikroelementów w roślinach (Grattan i Grieve 1999, Hu i Schmidhalter 2001, Shibli i in. 2007, Tuna i in. 2008). Relacja między zasoleniem a zawartością mikroelementów w tkankach roślinnych zależy od wielu czynników, między innymi: gatunku rośliny, fazy rozwojowej, organu wegetatywnego, rodzaju i stężenia soli oraz warunków środowiska. W konsekwencji jest złożona i słabo poznana, ponieważ stres solny może zwiększać, zmniejszać albo nie wpływać na akumulację mikroelementów w roślinach (Grattan i Grieve 1999, Hu i Schmidhalter 2001). Nic, więc dziwnego, że w pracach dotyczących wpływu zasolenia na akumulację mikroelementów podawane są czasem odmienne wyniki.

Wcześniejsze badania Matuszak i in. (2004) dotyczące wpływu zasolenia na wzrost siewek pszenicy odmiany Almari wykazały, że niewielkie stężenie NaCl ($25 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) zwiększa świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni siewek w stosunku do siewek kontrolnych. Wraz ze zwiększeniem stężenia NaCl w pożywce (do $150 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) stwierdzono: zmniejszanie się wartości badanych parametrów biometrycznych, natężenia fotosyntezy i intensywności transpiracji, obniżała się również wartość potencjału wody w liściach badanych siewek. O występowaniu zaburzeń w przebiegu procesów fizjologicznych pod wpływem stresu solnego może również świadczyć zaobserwowany wzrost temperatury radiacyjnej powierzchni liści wraz ze wzrostem stężenia NaCl.

Aby zaspokoić potrzebę wzrostu produkcji żywności konieczne jest prowadzenie badań interdyscyplinarnych, mających na celu poznanie reakcji poszczególnych gatunków a nawet odmian na niekorzystne czynniki i zwiększenie ich zdolności przystosowawczych do niektórych czynników stresowych (Starck i in. 1995).

Celem pracy była ocena wpływu zwiększanego stężenia soli (NaCl) w podłożu na zawartość wybranych mikroelementów w liściach i korzeniach siewek pszenicy ozimej odmiany Almari, po 28 dniach wzrostu.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na siewkach pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) odmiany Almari, w warunkach kontrolowanych. Roztwory NaCl rozcieńczono w proporcji 1:1 z pożywką Hoaglanda tak, aby końcowe stężenie NaCl wynosiło odpowiednio: 25, 50, 75, 100, 150 $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Obiektem kontrolnym był roztwór pożywki Hoaglanda i wody destylowanej w stosunku 1:1.

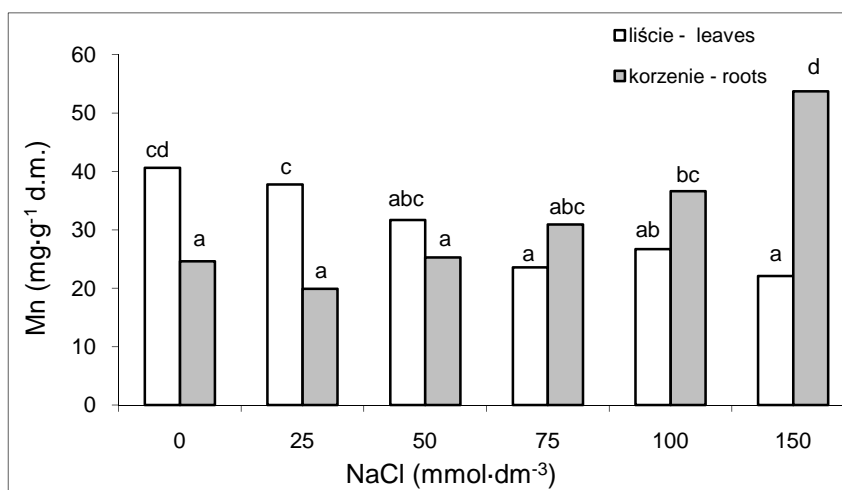
Ziarniaki pszenicy rozłożono w kiełkownikach, następnie zalano roztworami NaCl. Tak przygotowany materiał umieszczano w minifitotronie, w kontrolowanych warunkach (temperatura 20°C , gęstość strumienia fotonów w zakresie fotosyntezy czynnym $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, fotoperiod 12h/12h dzień/noc). Od trzeciego dnia doświadczenia stopniowo ($2^\circ\text{C}/\text{dobę}$) obniżano temperaturę do $+10^\circ\text{C}$. W tych warunkach siewki pszenicy rosły przez 20 dni.

Pomiar zawartości mikroelementów wykonano w liściach i korzeniach siewek. Oznaczono zawartość wybranych pierwiastków: Mn, Zn i Fe, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), po wcześniejszym ich zmineralizowaniu w mieszaninie kwasów azotowego i nadchlorowego w stosunku 3:1.

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

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przedstawionych w niniejszej pracy wyników badań zaobserwowano, że wraz ze wzrostem stężenia soli w pożywce Hoaglanda zmniejszała się istotnie zawartość Mn, w suchej masie liści a zwiększała się w suchej masie korzeni (rys. 1). Tuna i in. (2008) stwierdzili znacznie mniejszą zawartość Mn, Fe i Zn zarówno w liściach jak i korzeniach roślin ryżu rosnących przy 100 mM NaCl w porównaniu do roślin kontrolnych. Pod wpływem NaCl, przy stężeniu 100 mM i wyższym zmniejszała się zawartość Fe, B, Zn, Mn i Cu w roślinach pomidora (Shibli i in. 2007). Natomiast Gratan i Grieve (1999) powołując się na Cramera i Nowaka (1992) donoszą, że zasolenie wywołuje niedobór Mn w pędach jęczmienia. Ponadto dodatek Mn do kultury wodnej zwiększał tolerancję jęczmienia na zasolenia.

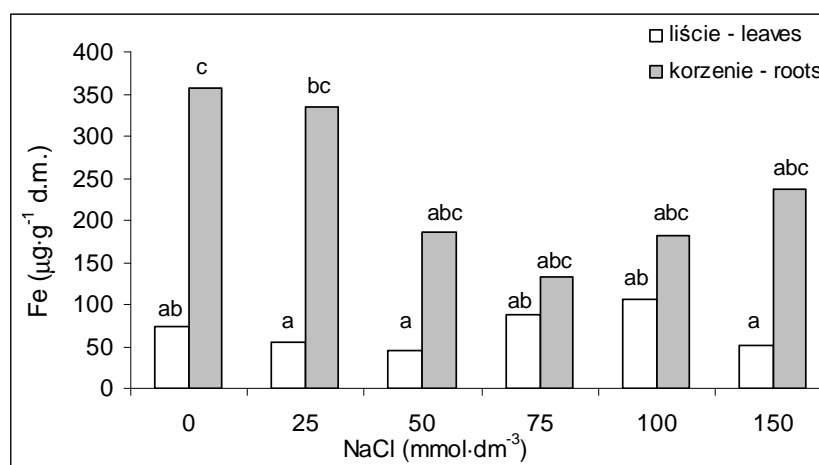


Rys. 1. Zawartość Mn w suchej masie liści i korzeni siewek pszenicy odmiany Almari w zależności od stężenia NaCl (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 1. Content of Mn in dry matter of leaves and roots of wheat seedlings of cultivar Almari in relation to concentration of NaCl (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ NaCl na zawartość Fe w suchej masie liści i korzeni siewek badanej pszenicy. Zaobserwowano, że obecność NaCl w pożywce nieznacznie wpływała na zawartość Fe w liściach siewek pszenicy odmiany Almari. Natomiast, w korzeniach siewek pszenicy, wraz ze wzrostem stężenia soli w pożywce zawartość Fe zmniejszała się, były to jednak zmiany statystycznie nieistotne. Kabata-Pendias i Pendias (1999) uważają, że kierunek przemierzania w roślinie poszczególnych pierwiastków jest zróżnicowany i poza

oddziaływaniem czynników biologicznych zależy także od specyficznych właściwości pierwiastków. Zaliczają oni Mn i Zn do średnio, a Fe do słabo mobilnych, co wskazuje na jego akumulację w korzeniu. Mała ruchliwość Fe mogłaby tłumaczyć obserwowaną większą akumulację Fe w suchej masie korzeni niż liści badanych roślin. Zaobserwowano statystycznie istotną większą akumulację Fe w suchej masie korzeni niż liści u siewek pszenicy rosnących w roztworze kontrolnym i przy stężeniu NaCl $25 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (rys. 2). Mehra i Farago (1994) donoszą, że nadmiar między innymi Zn i Mn w środowisku wzrostu może prowadzić do niedoborów Fe oraz że, pobieranie Fe przez system korzeniowy jest lepsze przy niskim niż wysokim pH. Shibli i in. (2007) zaobserwowali, że pobieranie Fe znacząco zmniejszyło się w roślinach pomidora wraz ze zwiększeniem zasolenia. Obniżeniu przyswajania Fe towarzyszyła chloroza, co zdaniem autorów może być przypisywane antagonisticznej relacji między pobieraniem Na i Fe.

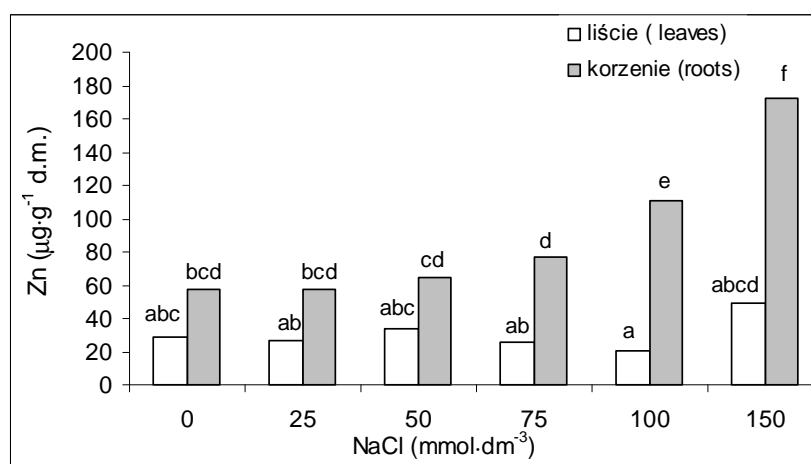


Rys. 2. Zawartość Fe w suchej masie liści i korzeni siewek pszenicy odmiany Almari w zależności od stężenia NaCl (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 2. Content of Fe in dry matter of leaves and roots of wheat seedlings of cultivar Almari in relation to concentration of NaCl (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ NaCl na zawartość Zn w suchej masie liści i korzeni siewek pszenicy odmiany Almari. Na podstawie wykonanych badań zaobserwowano odwrotną zależność w zawartości Zn i Fe w suchej masie korzeni. Zawartość Zn zwiększała się wraz ze wzrostem stężenia NaCl, przy czym statystycznie istotne zwiększenie się zawartości Zn w suchej masie korzeni w stosunku do roślin kontrolnych zaobserwowano tylko u siewek pszenicy rosnących

przy stężeniu NaCl 100 i 150 mmol·dm⁻³. Natomiast zawartość Fe w suchej masie korzeni obniżała się, jednak nie były to zmiany statystycznie istotne. Chaudhry i Wallace (1976) stwierdzili, że Fe powstrzymuje pobieranie Zn przez ryż. Przy czym wyniki były bardziej wyraźne dla pędów, ponieważ Fe miało także konkurencyjny wpływ na przemieszczanie Zn z korzeni do pędów. Nasze wyniki pokazują, że obecność NaCl w pożywce wpływała nieistotnie na zmianę zawartości Zn w liściach siewek pszenicy. Natomiast, wraz ze wzrostem stężenia soli w pożywce, w korzeniach siewek pszenicy zawartość Zn zwiększała się. Zaobserwowano statystycznie istotne zwiększenie się zawartości Zn w suchej masie korzeni niż liści u siewek rosnących przy stężeniach NaCl 75, 100 i 150 mmol·dm⁻³ (rys. 3).

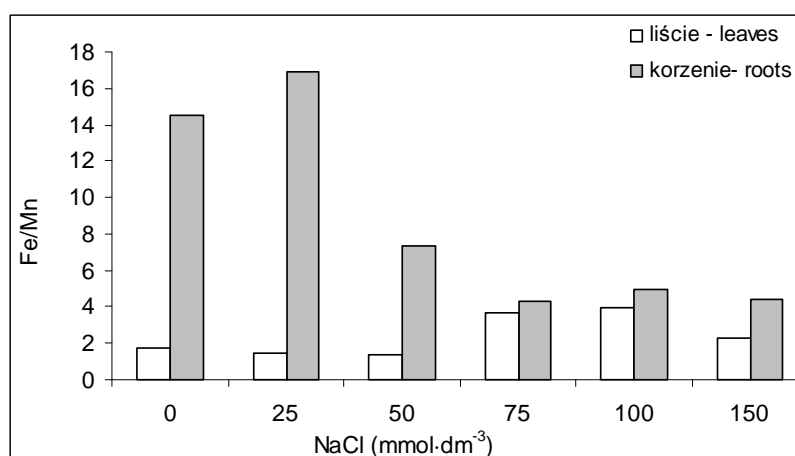


Rys. 3. Zawartość Zn w suchej masie liści i korzeni siewek pszenicy odmiany Almari w zależności od stężenia NaCl (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 3. Content of Zn in dry matter of leaves and roots of wheat seedlings of cultivar Almari in relation to concentration of NaCl (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)

Według Mehra i Farago (1994) zawartość Zn w roślinach zależy od gatunku i fazy rozwojowej. Zazwyczaj najwyższa zawartość Zn jest stwierdzana w młodych roślinach. Ponadto cynk jest bardzo mobilny w glebach kwaśnych i jego przyswajanie jest większe przy niskim niż wysokim pH roztworu glebowego, łatwo przemieszcza się do różnych części rośliny. Większą akumulację Zn i Mn w korzeniach badanych roślin niż w liściach, stwierdzono u siewek rosnących przy wyższych stężeniach NaCl (rys. 1 i 3). Przemieszczanie mikroelementów z liści do korzeni może być związane z reakcją rośliny na wzrastające stężenie soli (Ramoliya i in. 2004).

Wprowadzenie NaCl do pożywki spowodowało również zmiany ilościowe stosunku Fe/Mn (rys. 4). Według Kabata-Pendias i Pendias (1999) właściwa proporcja tego stosunku jest niezbędna do równowagi enzymatycznych procesów w roślinach. Poniżej wartości 1,5 występują objawy toksyczności manganu i niedoboru żelaza, a powyżej wartości 2,5 tego stosunku szkodliwy jest nadmiar żelaza, któremu z kolei towarzyszą objawy niedoboru manganu. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono zwiększanie się stosunku Fe/Mn w liściach roślin rosnących przy wyższych stężeniach NaCl, podczas gdy w korzeniach wartość tego stosunku ulegała obniżeniu. Zaobserwowano, że jedynie w suchej masie liści siewek rosnących przy stężeniu 25 mmol (NaCl)·dm⁻³ i 50 mmol (NaCl)·dm⁻³ wartość stosunku Fe/Mn wynosiła poniżej 1,5 natomiast w pozostałych wariantach doświadczenia tak w suchej masie liści jak i korzeni wartość tego stosunku wynosiła, powyżej 2,5 co świadczy o nadmiarze Fe i niedoborze Mn.



Rys. 4. Wpływ NaCl na wartość stosunku jonowego Fe/Mn w suchej masie liści i korzeni siewek pszenicy odmiany Almar

Fig. 4. Effect of NaCl on Fe/Mn ratio in dry matter of leaves and roots of wheat seedlings of cultivar Almar

WNIOSKI

1. Wraz ze zwiększeniem stężenia NaCl w pożywce obserwowano zwiększenie zawartości Mn i Zn oraz obniżenie zawartości Fe w korzeniach siewek pszenicy odmiany Almar.

2. W liściach siewek pszenicy rosnących w roztworze z NaCl stwierdzono mniejszą akumulację Mn i nieznaczne zmiany w zawartości Fe i Zn w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

3. Zwiększenie stosunku Fe/Mn stwierdzono w liściach roślin rosnących przy wyższych stężeniach NaCl, podczas gdy w korzeniach jego zmniejszenie.

PIŚMIENNICTWO

- Chaudhry F.M., Wallace A., 1976. Zinc uptake by rice as affected by iron and a chelator of ferrous iron. *Plant and Soil*, 45(3), 697-700.
- Cramer, G.R., Nowak, R.S., 1992. Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. *Physiol. Plant.* 84, 600-605. Za: Grattan S. R., Grieve C. M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78, 127-157.
- Flowers T. J. 2004. Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot.* 55(396), 307-319.
- Grattan S. R., Grieve C. M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78, 127-157.
- Hu Y., Schmidhalter U., 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. *Journal of Planta Nutrition*, 24 (2), 273-281.
- Kabata-Pendias A., H. Pendias., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa.
- Matuszak R., Baranowski P., Walczak R.T., Brzóstowicz A., 2004. Ocena wpływu zasolenia na wzrost, fotosyntezę, potencjał wody i temperaturę liści siewek pszenicy odmiany Almari. *Acta Agrophysica*, 4(1), 97-103.
- Mehra, M. E. Farago. 1994. *Metal Ions and Plant Nutrition. W: Plants and the Chemical Elements. Biogeochemistry, uptake, tolerance and toxicity* (Edi. M. E Farago) Weinheim, Germany: VCH, 32-59.
- Mer R.K., Prajith P.K., Pandya D.H., Pandey A. 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* and *Brassica juncea*. *Journal Agronomy & Crop Science*, 185, 209-217.
- 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. app. Biol.*, 144, 321-332
- Sadeh A., Ravina I., 2000. Relationships between yield and irrigation with low-quality water – a system approach. *Agricultural Systems*, 64, 99-113.
- Shibli R. A., Kushad M., Yousef G.G., Lila M. A., 2007. Physiological and biochemical responses of tomato microshoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. *Plant Growth Regul* 51, 159-169.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. *Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Tuna A. L., Kaya C., Dikilitas M., Higgs D., 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62, 1-9.
- Woźny A., 2004. *Stres solny. W: Komórki roślinne w warunkach stresu. Tom I. Komórki In Vivo, część druga Warunku stresu* (Red. A. Woźny, K. Przybył) Wydawnictwo Naukowe UAM Poznań, 165-190.
- Yeo A. 1999. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Scientia Horticulturae*, 78, 159-174.

EFFECT OF NaCl ON ACCUMULATION OF SELECTED
MICRONUTRIENTS IN LEAVES AND ROOTS OF SEEDLINGS
OF WINTER WHEAT CV. ALMARI

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

¹Department of Physics and Agrophysics, West Pomeranian University of Technology
ul. Papieża Pawła VI No 3, 71-459 Szczecin
e-mail: Renata.Matuszak@zut.edu.pl

²Department of General Chemistry, West Pomeranian University of Technology
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

Abstract. The objective of this study was to investigate the effect of NaCl (25, 50, 75, 100 and 150 mmol dm⁻³) on micronutrient concentration in leaves and roots of seedlings of wheat cv. Almari grown in solution culture under controlled conditions. It was found that the effects of salinity on the concentrations of Mn, Fe and Zn in plants were compound. It was observed that with increasing of NaCl concentration in the medium Mn content in dry matter of leaves decreased and in roots increased. The presence of NaCl in a medium influenced slightly the changes of contents Fe and Zn in leaves of seedlings of wheat as compared to control plants. It was noted also that in roots of winter wheat seedlings with the increasing concentration of salt in a medium Fe content decreased but Zn accumulation increased. The Fe/Mn ratio in the leaves increased but decreased in the roots.

Keywords: wheat, NaCl, micronutrient