

OCENA WPLYWU CHLORKU SODU NA WZROST I FOTOSYNTEZĘ
SIEWEK WYBRANYCH ODMIAN JĘCZMIENIA JAREGO*

Mariusz Wasilewski, Aleksander Brzóstowicz, Renata Matuszak-Slamani

Katedra Fizyki i Agrofizyki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła IV/3, 71-459 Szczecin
e-mail: Mariusz.Wasilewski@zut.edu.pl

Streszczenie. W warunkach laboratoryjnych określono wpływ zasolenia na wzrost i fotosyntezę dwóch odmian jęczmienia jarego Promyk i Suveren. Badanie prowadzono w kulturach wodnych przy użyciu pożywki Hoaglanda z różnymi stężeniami chlorku sodu (NaCl): 0 – kontrola, 50, 100, 150 mmol·dm⁻³. Po 28 dniach wzrostu wykonano pomiary biometryczne i wymiany gazowej. Uzyskane wyniki wykazały, że wraz ze wzrostem stężenia chlorku sodu w pożywce nastąpiło istotne hamowanie wzrostu liści, a także średniej wartości świeżej i suchej masy części nadziemnej i korzeni. Stwierdzono również obniżenie natężenia asymilacji CO₂ wraz ze wzrostem stężenia chlorku sodu. Stymulujący wpływ NaCl na długość korzeni zaobserwowano przy stężeniu 50 mmol·dm⁻³.

Słowa kluczowe: jęczmień, chlorek sodu, fotosynteza, wzrost

WSTĘP

Dzisiejsze światowe rolnictwo zmaga się z wieloma zagrożeniami: powierzchnia gleb zasolonych – rośnie, zasobność wody słodkiej – maleje, użycie nawozów sztucznych i wody morskiej do nawadniania – rośnie. Według niektórych szacunków, łączna powierzchnia arealu gleb zasolonych na świecie wynosi około 1 miliarda hektarów. Słone gleby w Europie występują na Węgrzech, w Rumunii, Grecji, we Włoszech i Hiszpanii. Swoim zasięgiem obejmują od 1 do 3 milionów hektarów. W Hiszpanii z kolei w wyniku niewłaściwego użytkowania gruntów, 3% z 3,5 miliona hektarów nawadnianych jest poważnie zagrożona zasoleniem, a następne 15% jest poniżej poważnego ryzyka zasolenia (Soil Atlas of Europe 2005,

*Praca finansowana ze środków na utrzymanie potencjału badawczego Katedry Fizyki i Agrofizyki oraz grantu na badania naukowe dla młodych naukowców (BMN): 517-07-018-4859/17.

Sustainable agriculture and soil conservation 2009, Rengasamy 2010). W Polsce gleby zasolone zajmują niewielką powierzchnię, jest to około 5400 ha. Na uwagę zasługują źródła zasolenia pochodzenia antropogenicznego o krótkotrwałym czasie oddziaływania (np. stosowanie soli do odśnieżania ulic). Do utrzymania porządku na drogach zimą używamy soli NaCl, CaCl₂, czy MgCl₂. Pomimo najgorszych właściwości mieszanki NaCl (niewielka skuteczność na niskie temperatury ujemne) są nadal popularnym sposobem walki ze śliskimi drogami. W efekcie stosowania chlorku sodu najbardziej narażone na zasolenie są pobliskie gleby (Dobrzański i in. 1971; Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad 2006, Hulisz 2007).

Chociaż proces zasolenia nie sprzyja rozwojowi roślin, to w stanie naturalnym występują rośliny określane słonoroślami (halofitami), które tolerują zwiększoną koncentrację sodu. Jednak rośliny uprawne, w tym zboża, nie są w stanie tolerować nadmiernego zasolenia bez utraty wydajności. Poznanie mechanizmów odpowiedzi i przystosowania się organizmu roślinnego wobec nadmiernej koncentracji soli łatwo rozpuszczalnych w podłożu ma istotne znaczenie w przywracaniu potencjału rolniczego (Kłosowska 2010).

Celem pracy jest ocena wpływu zasolenia na właściwości biometryczne i intensywność fotosyntezy siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suweren.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na siewkach jęczmienia jarego odmiany Promyk i Suweren. Materiał siewny pochodził z Hodowli Roślin Strzelce. Skielkowane ziarniaki jęczmienia rozłożono (po 100 sztuk) w kielkownikach, które umieszczono w pojemnikach z roztworami NaCl i pożywki Hoaglanda. Zastosowano następujące stężenia: 50 mmol NaCl·dm⁻³, 100 mmol NaCl·dm⁻³, 150 mmol NaCl·dm⁻³. Kontrolę stanowił roztwór pożywki Hoaglanda bez soli. Doświadczenie prowadzono w kontrolowanych warunkach temperatury i oświetlenia: gęstość strumienia promieniowania fotosyntetycznie aktywnego wynosiła 300 μmol·m⁻²·s⁻¹; fotoperiod 12 h/12 h (dzień/noc); temperatura: +20°C (293,15 K). W trzecim dniu zaczęto obniżać temperaturę o 2°C/na dobę (2 K/na dobę), dochodząc do +10°C (283,15 K).

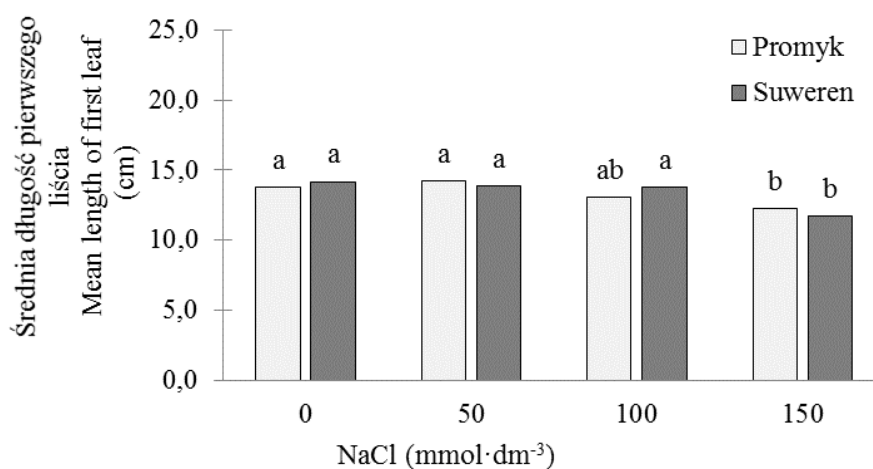
Po 28 dniach oznaczono długość wszystkich korzeni oraz pierwszego, drugiego i trzeciego liścia dla każdej siewki. Długość liści zmierzono od ziarniaka do wierzchołka. Pomiar świeżej i suchej masy części nadziemnej i podziemnej wykonano metodą wagową. Świeżą masę części nadziemnej oznaczono bezpośrednio po wyjęciu z kielkownika, a korzeni po ich uprzednim osuszeniu bibułą. Suchą masę badanego materiału wyznaczono po 24 godzinach suszenia w temperaturze 105°C. Do pomiarów biometrycznych wybrano losowo 10 roślin z każdego wariantu.

Przy użyciu gazoanalizatora typu TPS-2 zmierzono natężenie asymilacji ditlenku węgla przez liście badanych siewek jęczmienia. Pomiary wykonano w 6 powtórzeniach. Do każdego powtórzenia użyto dwóch siewek, w celu wypełnienia okna komory pomiarowej gazoanalizatora.

Uzyskane wyniki uśredniono i poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 10. Na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji (odmiana, wariant) wyznaczono grupy jednorodne przy pomocy testu Tukey'a ($\alpha = 0,05$).

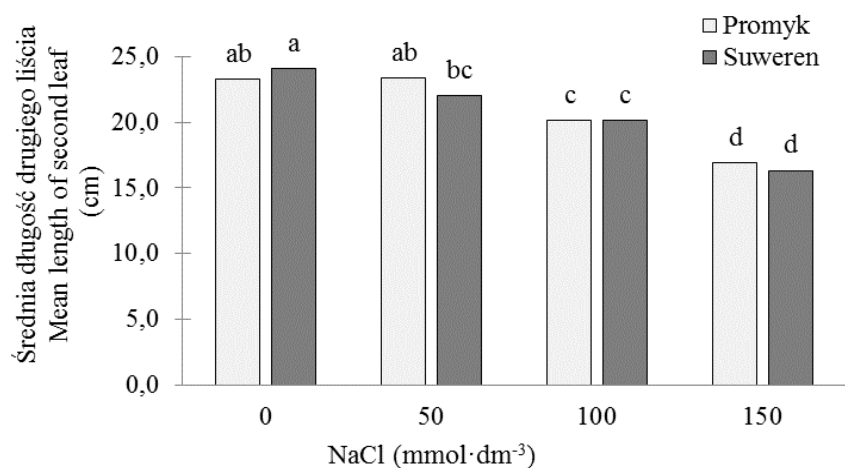
WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie badań cech biometrycznych części nadziemnych siewek obu odmian można zaobserwować, że najwyższe z zastosowanych dawek chlorku sodu ($100 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $150 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) istotnie zmniejszają średnią długość pierwszego, a zwłaszcza drugiego i trzeciego liścia w stosunku do kontroli (rys. 1-3). Zgodne jest to z pracą Atabayeva i in. (2013), którzy badając oddziaływanie zasolenia na jęczmień, stwierdzili również obniżenie średniej długości liści przy stężeniu $100 \text{ mmol NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$.



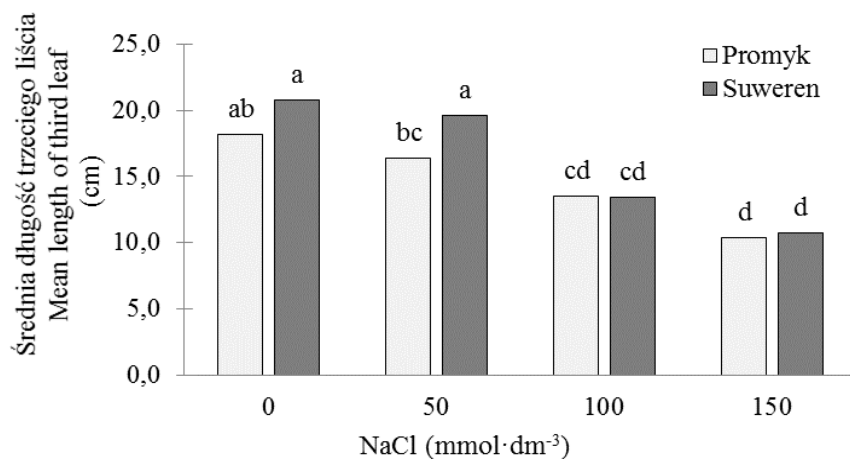
Rys. 1. Średnia długość pierwszego liścia siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwerek dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 1. Mean length of first leaf of barley seedlings cv. Promyk and Suwerek for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)



Rys. 2. Średnia długość drugiego liścia siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suveren dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

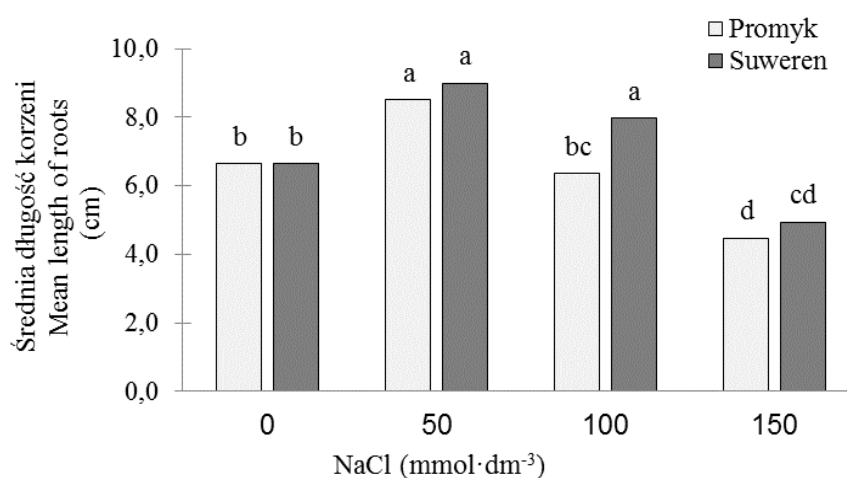
Fig. 2. Mean length of second leaf of barley seedlings cv. Promyk and Suveren for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)



Rys. 3. Średnia długość trzeciego liścia siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suveren dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 3. Mean length of third leaf of barley seedlings cv. Promyk and Suveren for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)

W naszych badaniach zaobserwowano, że najniższe stężenie $50 \text{ mmol NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ w pożywce Hoaglanda stymuluje wzrost korzeni u obu odmian (rys. 4). Stymulujący wpływ umiarkowanego zasolenia (stężenia NaCl na poziomie $25 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $50 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) na wzrost korzeni jęczmienia zaobserwowali Matuszak i Brzostowicz (2006). Pozytywny wpływ niewielkiej ilości zasolenia wynika z faktu, iż stężenie szkodliwych jonów w komórkach korzeni nie wzrasta z upływem czasu w takim stopniu, jak w przypadku komórek liści (Munns 2002).

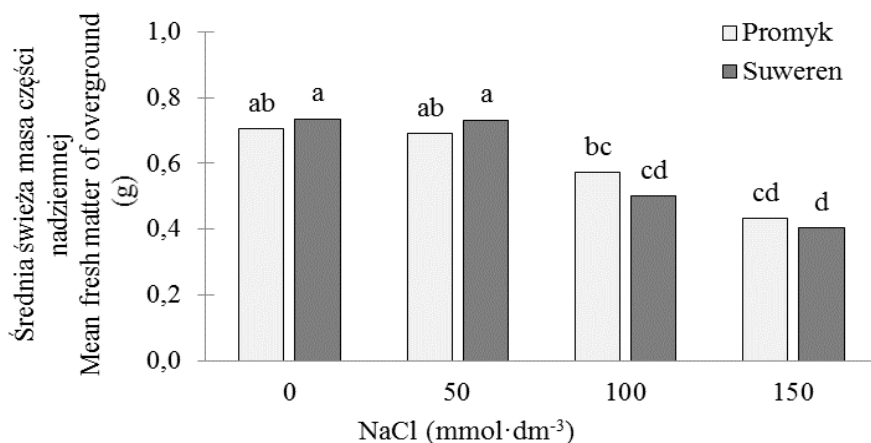


Rys. 4. Średnia długość korzeni siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwerek dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 4. Mean length of roots of barley seedlings cv. Promyk and Suwerek for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)

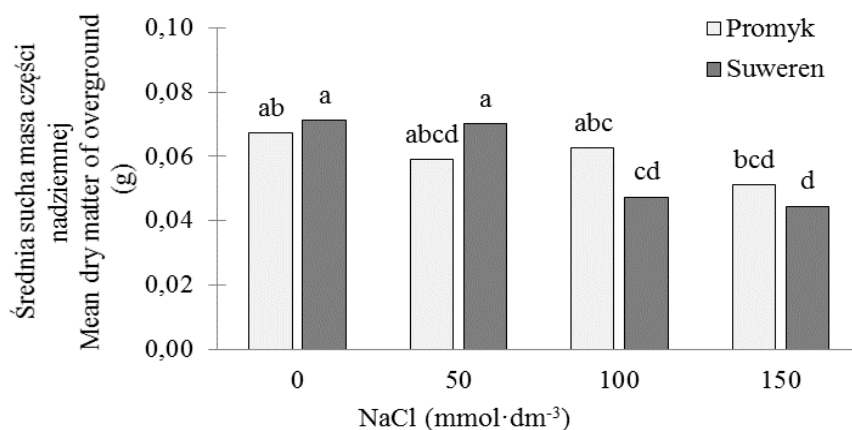
Negatywny wpływ stresu solnego obserwuje się także w przypadku biomasy liści i korzeni u Promyka i Suwerek (rys. 5-8). Do podobnych wniosków doszedł Mahmood (2011), który w swoim badaniu zauważył obniżenie świeżej i suchej masy, zwłaszcza części nadziemnej badanych odmian jęczmienia przy dawce chlorku sodu $100 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Wyniki pomiaru intensywności fotosyntezy przedstawione w niniejszej pracy pokazują, że wraz ze wzrostem stężenia chlorku sodu zmniejsza się asymilacja ditlenku węgla przez liście siewek badanych odmian jęczmienia (rys. 9). Do podobnego wniosku doszli Gawlik i in. (2014) w badaniu na soi.



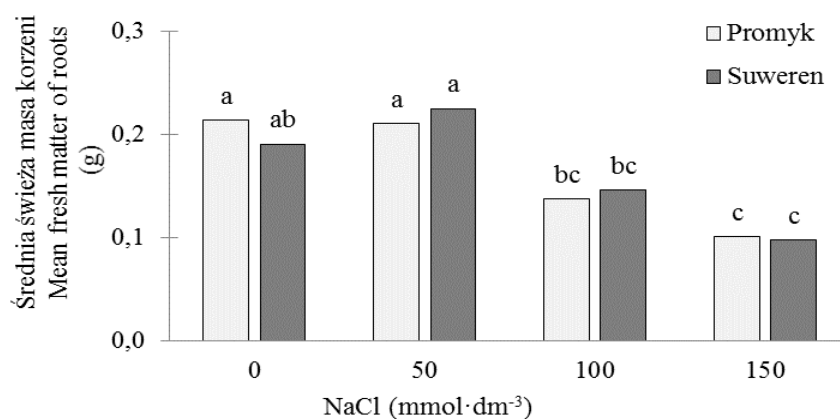
Rys. 5. Średnia świeża masa części nadziemnej siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwren dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 5. Mean fresh matter of overground of barley seedlings cv. Promyk and Suwren for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)



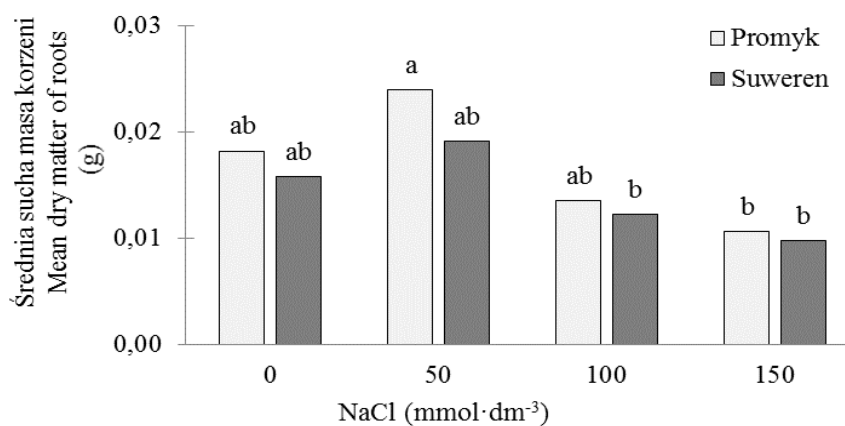
Rys. 6. Średnia sucha masa części nadziemnej siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwren dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 6. Mean dry matter of overground of barley seedlings cv. Promyk and Suwren for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)



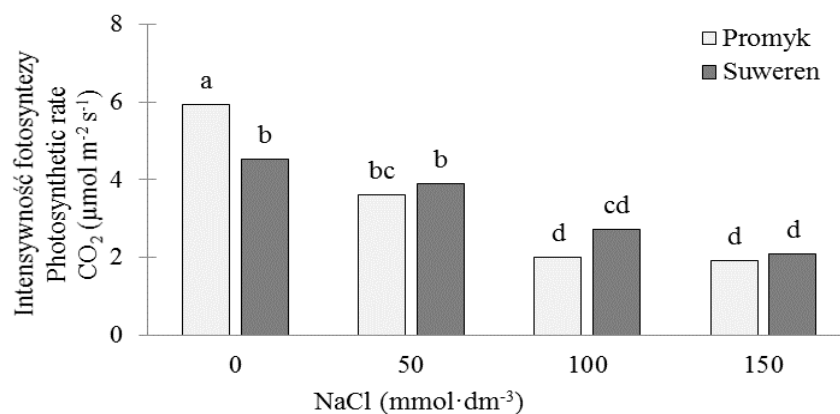
Rys. 7. Średnia świeża masa korzeni siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwerek dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 7. Mean fresh matter of roots of barley seedlings cv. Promyk and Suwerek for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0,05$, Tukey's test)



Rys. 8. Średnia sucha masa korzeni siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwerek dla różnych stężeń NaCl w podłożu (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 8. Mean dry matter of roots of barley seedlings cv. Promyk and Suwerek for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0,05$, Tukey's test)



Rys. 9. Natężenie asymilacji CO₂ liści siewek jęczmienia odmiany Promyk i Suwren (wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; test Tukeya)

Fig. 9. Photosynthetic rate of barley seedlings cv. Promyk and Suwren for different concentrations of NaCl in medium (values marked by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, Tukey's test)

Pomiędzy badanymi odmianami jęczmienia 'Promyk' i 'Suwren' nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w reakcji na obecność NaCl w podłożu.

Uzyskane wyniki potwierdzają przyjętą opinię, że ogólny efekt zasolenia jest negatywny, a przez to organy roślinne rosną wolniej i osiągają mniejsze rozmiary (Starck i in. 1995, Munns 2002). Za podstawę tej opinii przyjmują się fakt przytoczony przez Bilskiego (1988), iż spowolnienie wzrostu rośliny wiąże się z akumulacją rozpuszczalnych soli w tkankach. A to prowadzi do szkodliwego wpływu na szereg procesów metabolicznych w roślinie. Z danych literaturowych wynika, że roślina narażona na nadmierną utratę wody (pod wpływem stresu) jest w stanie ograniczyć intensywność fotosyntezy, w tym transpirację, poprzez zamknięcie aparatów szparkowych (Das 2012).

W przypadku roślin uprawnych jest możliwe ustalenie stężeń progowych, powyżej których następuje hamowanie wzrostu, przebarwienie liści, a także straty suchej masy (Taiz i Zeiger 2002). Już w latach 80 XX wieku jęczmień został zaliczony do grupy roślin, które są hamowane w obecności dużych stężeń soli, tj. od 90 mmol Cl⁻·dm⁻³ do 270 mmol Cl⁻·dm⁻³ (Greenway and Munns 1980). Na podstawie danych literaturowych (Matuszak i Brzóstowicz 2006, Mahmood 2011; Atabayeva i in. 2013) i badań własnych można stwierdzić, iż stężeniami NaCl, które wywołują istotne różnice parametrów biometrycznych różnych odmian jęczmienia, są 100 mmol·dm⁻³ i 150 mmol·dm⁻³. Ponadto doświadczenie z użyciem NaHCO₃ (Mahmood 2011) jako czynnika stresowego, bardziej szkodliwego

dla wzrostu jęczmienia od NaCl, wskazuje na konieczność wykorzystywania w przyszłych badaniach kombinacji różnych rodzajów soli.

WNIOSKI

1. Najmniejsze z zastosowanych stężeń NaCl ($50 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) w pożywce stymulowało wzrost tylko korzeni.
2. Wraz ze wzrostem stężenia chlorku sodu ($100 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $150 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) w pożywce Hoaglanda istotnie zmniejszyły się wartości wyznaczonych parametrów biometrycznych części nadziemnej i korzeni siewek jęczmienia.
3. Natężenie asymilacji CO_2 liści siewek jęczmienia zmniejszało się wraz ze wzrostem stężenia NaCl w roztworze pożywki.
4. Nie zaobserwowano istotnych różnic w reakcji na stres solny pomiędzy badanymi odmianami Promyk i Suweren.

PIŚMIENNICTWO

- Atabayeva S., Nurmahanova A., Minocha S., Ahmetova A., Kenzhebayeva S., Aidosova S., Nurzhanova A., Zhardamalieva A., Asrandina S., Alybayeva R. Li T., 2013. The effect of salinity on growth and anatomical attributes of barley seedling (*Hordeum vulgare* L.). African Journal of Biotechnology, 12(18), 2366-2377.
- Bilski J., 1988. Wpływ NaCl i Na_2SO_4 na wzrost i skład chemiczny siewek jęczmienia, pszenicy i owsa. Biuletyn IHAR 165, 75-83.
- Das S., 2012. Salinity Dependent Photosynthetic Response and Regulation of Some Enzymes in Halophytes from Indian Sundarbans. W: Applied Photosynthesis. Red. Najafpour M. Wyd. InTech. 301-322.
- Dobrzański B., Czerwiński Z., Borek S., Kępka M., Majsterkiewicz T., 1971. Wpływ związków chemicznych stosowanych do odśnieżania na zasolenie gleb zieleńców Warszawy. Roczn. Gleb., 21, 1, 60-73.
- Gawlik A., Matuszak-Slamani R., Gołębiowska D., Bejger R., Sienkiewicz M., Kulpa D., 2014. Ocena reakcji siewek soi na stres solny. Acta Agrophysica, 21(2), 143-152.
- Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad 2006. Wytyczne zimowego utrzymania dróg. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa. Dostęp: http://gddkia.gov.pl/userfiles/articles/z/zarzadzeni_4407/documents/wytyczne_zud.pdf (03.02.15).
- Greenway H., Munns R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 31, 149-190.
- Halophytes from Indian Sundarbans. W: Applied Photosynthesis. Red. Najafpour M. Wyd. InTech. 301-322.
- Hulisz P., 2007. Wybrane aspekty badań gleb zasolonych w Polsce. SOP Oświatowiec, Toruń.
- Kłosowska K., 2010. Reakcje roślin na stres solny. KOSMOS 59, 3/4, 288-289.
- Mahmood K., 2011. Salinity tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.): Effects of varying NaCl, K^+/Na^+ and NaHCO_3 levels on cultivars differing in tolerance. Journal of Experimental Botany. 43(3), 1651-1654.

- Matuszak R., Brzóstowicz A., 2006. Ocena wpływu chlorku sodu na wzrost siewek dwóch odmian jęczmienia. *Acta Agrophysica*, 7(4), 977-982.
- Munns R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.*, 25, 239-250.
- Rengasamy P., 2010. Soil process affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37, 613-620.
- Soil Atlas of Europe 2005. Salinization. European Soil Bureau Network European Commission. 117. Dostęp: http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas/download/117.pdf (03.02.2015).
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Sustainable agriculture and soil conservation 2009. Salinisation and sodification. Soil degradation processes. Dostęp: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/ENFactSheet-04.pdf> (03.02.2015).
- Taiz L., Zeiger E., 2002. Salinity Stress. W: *Plant Physiology*. Red. Taiz L. i Zeiger E. Sinauer Associates Inc. Publishers, RPA, 611-615.

EVALUATION OF SODIUM CHLORIDE EFFECT ON GROWTH AND PHOTOSYNTHESIS OF SELECTED BARLEY CULTIVARS

Mariusz Wasilewski, Aleksander Brzóstowicz, Renata Matuszak-Slamani

Department of Physics and Agrophysics,
West Pomeranian University of Technology in Szczecin
ul. Papieża Pawła IV/3, 71-459 Szczecin
e-mail: Mariusz.Wasilewski@zut.edu.pl

Abstract. The effect of NaCl content in Hoagland's medium at concentration of 50, 100, 150 mmol dm⁻³ on growth and development of barley cv. Promyk and Suwren was studied under controlled conditions. After 28 days of growth, the gas exchange and biometric parameters were measured. Results showed that increasing concentrations of NaCl in the culture medium lead to significant inhibition of growth of leaves and of the average value of fresh and dry matter of the aboveground part and roots. It was found that the intensity of CO₂ assimilation decreased with increasing NaCl concentration in medium culture. Stimulating effect of NaCl on roots length was observed at a low concentration of 50 mmol dm⁻³.

Key words: barley, sodium chloride, photosynthesis, growth