

## OCENA REAKCJI SIEWEK SOI NA STRES SOLNY

*Andrzej Gawlik<sup>1</sup>, Renata Matuszak-Slamani<sup>1</sup>, Dorota Gołębiowska<sup>1</sup>,  
Romualda Bejger<sup>1</sup>, Mariola Sienkiewicz<sup>1</sup>, Danuta Kulpa<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Fizyki i Agrofizyki,

<sup>2</sup>Katedra Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin,  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła IV/3, 71-459 Szczecin  
e-mail: Andrzej.Gawlik@zut.edu.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu zawartości chlorku sodu (NaCl) w pożywce Hoaglanda o stężeniach 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> na wzrost oraz intensywność fotosyntezy siewek soi dwóch odmian Nawiko i Progres. Określono świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni siewek soi badanych odmian oraz wykonano pomiary intensywności fotosyntezy. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce statystycznie istotnie obniża się świeża i sucha masa części nadziemnej roślin obu odmian. Nie stwierdzono wpływu zwiększającego się stężenia NaCl w pożywce na świeżą masę korzeni obu badanych odmian soi. Jedynie w przypadku suchej masy korzeni odmiany Nawiko negatywny wpływ zanotowano przy stężeniu NaCl 75 mmol·dm<sup>-3</sup>. Najwyższe stężenia NaCl w pożywce (75 mmol·dm<sup>-3</sup>) spowodowały upośledzenie zdolności asymilacji ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>) roślin obu odmian. Uzyskane wyniki wykazały, że młode rośliny odmiany Progres są bardziej tolerancyjne na stres solny niż odmiany Nawiko.

**Słowa kluczowe:** stres solny, soja, wzrost, fotosynteza

## WSTĘP

Soja to jedna z najcenniejszych roślin uprawnych, zajmująca ważne miejsce w powierzchni zasiewów na świecie. W światowej produkcji roślin soja należy do najczęściej uprawianych i zajmuje 55% areалу przeznaczonego na uprawę roślin oleistych (Šařec i in. 2006). Jak większość roślin uprawnych podczas wzrostu i rozwoju jest narażona na działanie abiotycznych i biotycznych czynników stresowych, które modyfikują intensywność przebiegu procesów życiowych albo zaburzają ich przebieg, powodując okresowe lub nieodwracalne uszkodzenia strukturalne i metaboliczne organizmu. Wyraża się to przede wszystkim zahamo-

waniem wzrostu i niższym, gorszej jakości plonem, co prowadzi do znacznych strat ekonomicznych. Jednym z głównych abiotycznych czynników stresowych ograniczającym wzrost roślin jest zasolenie podłoża. Wpływ wysokich koncentracji soli w glebie przejawia się w postaci zaburzeń w pobieraniu wody, naruszenia równowagi jonowej oraz zatrucia nadmiernym stężeniem jonów, np.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  (Starck i in. 1995). Towarzyszy temu stres osmotyczny i susza fizjologiczna. W wyniku nadmiernego zasolenia obserwuje się zmniejszenie tempa wzrostu roślin oraz zaburzenia ich procesów metabolicznych (Munns 2002). Soja, podobnie jak większość roślin uprawnych, należy do typowych glikofitów o umiarkowanej tolerancji na stres solny (Grieve i in. 2003).

Poznanie reakcji roślin na czynniki stresowe oraz fizjologicznych i molekularnych podstaw odpowiedzi na stesy ma ogromne znaczenie poznawcze i praktyczne. Wyselekcjonowanie gatunków i ich odmian odpornych na niekorzystne czynniki występujące w środowisku może przyczynić się do podwyższenia średnich plonów cennych dla człowieka roślin, do których należy również soja. Podstawowym parametrem określającym odporność roślin na stres jest ograniczenie wzrostu elongacyjnego korzeni oraz kształtowanie się biomasy zarówno korzeni, jak i części nadziemnych. W częściach nadziemnych spadek biomasy wiąże się m.in. z ograniczeniem (w warunkach stresu) fotosyntezy (Lee i in. 2010). Ponadto istnieje szereg innych parametrów określających odporność roślin na czynniki stresowe, na przykład zawartość mikroelementów w liściach (Matuszak i in. 2009), czy aktywność enzymów antyoksydacyjnych (Amirjani 2010). W prezentowanych w pracy badaniach wykorzystano dwa z tych parametrów – biomasę korzeni i części nadziemnych roślin oraz intensywność fotosyntezy.

Celem pracy było (na podstawie powyższych parametrów) porównanie odporności na zasolenie siewek soi (*Glycine max* (L.) Merrill) dwóch odmian: Nawiko i Progres.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na siewkach soi (*Glycine max* (L.) Merrill) odmiany Nawiko i Progres. Nasiona soi (100 sztuk) przepłukiwano trzykrotnie wodą destylowaną, następnie wykładano na tacach z wyprażonym piaskiem kwarcowym. Wilgotność podłoża utrzymywano na poziomie 50% pojemności wodnej wagowej. Po 4-5 dniach w fazie wzrostu BBCH10 (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamtund Chemische Industrie – skala stosowana w Unii Europejskiej do oceny fazy rozwojowej roślin) skielkowane siewki soi przenoszono do wykonanych z PCV specjalnych pojemników o pojemności 2,5 dm<sup>3</sup>. Pojemniki z siewkami soi i z roztworem pożywki Hoaglanda umieszczano w mini fitotronie w kontrolowanych

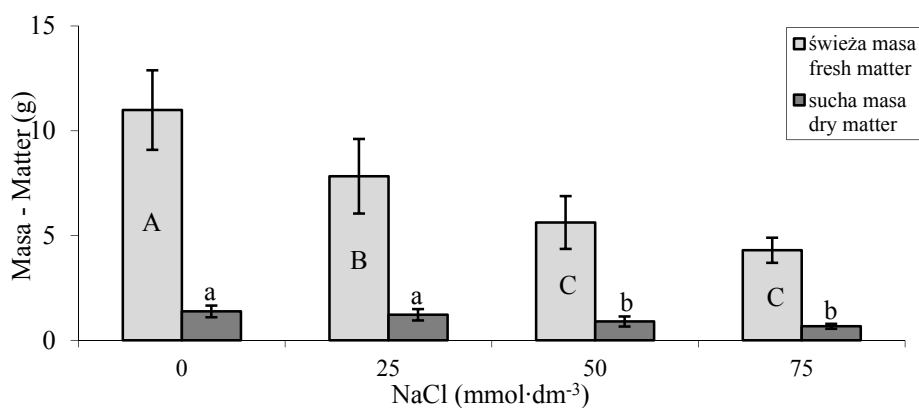
warunkach temperatury i oświetlenia. Zastosowano: ilość fotonów w zakresie fotosyntetycznie czynnym –  $350 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , temperaturę  $25^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ , fotoperiod 16h/8h – odpowiednio dzień/noc. W celu zapewnienia właściwych warunków tlenowych napowietrzano pożywkę sterowaną pompą powietrzną. Po 4 dniach wzrostu siewek do pożywki Hoaglanda dodano chlorek sodu (NaCl). Końcowe stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda wynosiły odpowiednio 25, 50, 75  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Pożywkę wymieniano co 7 dni. Kontrolę stanowiły siewki soi rosnące na pożywce Hoaglanda bez dodatku chlorku sodu.

Po 2 tygodniach, po aplikacji NaCl, określono świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni siewek soi oraz wykonano pomiary intensywności fotosyntezy za pomocą gazoanalizatora w podczerwieni TPS-2 (PP System, USA), w warunkach stałego oświetlenia  $350 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  fotonów w zakresie fotosyntetycznie czynnym (PAR) oraz stałej ilości  $\text{CO}_2$  w atmosferze równej 400 ppm (cząsteczek na milion). Świeżą masę części nadziemnych poddawano pomiarom bezpośrednio po wyjęciu z kielkowników, natomiast świeżą masę korzeni określano po ich uprzednim, trwającym 1 minutę, osuszeniu na bibule. Suchą masę poszczególnych organów wyznaczono po wysuszeniu ich w suszarce przez 12 h w temperaturze  $105^{\circ}\text{C}$  do stałej masy. Wszystkie pomiary wykonano na 12 wybranych losowo roślinach z każdej serii.

Uzyskane rezultaty poddano analizie statystycznej przy pomocy programu Statistica, wersja 10.0.

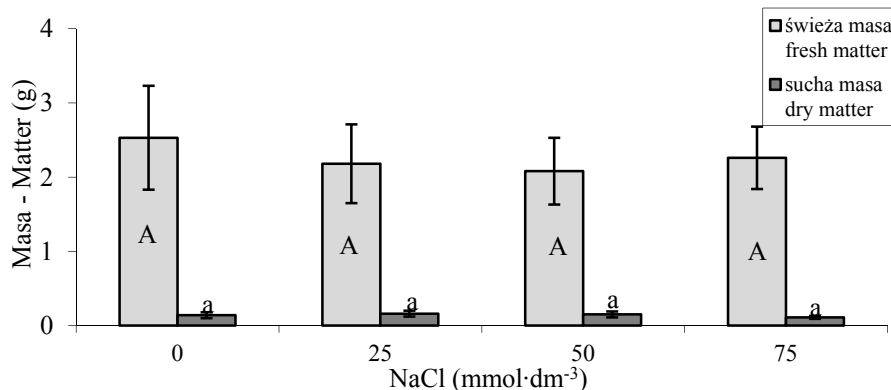
## WYNIKI I DYSKUSJA

Zastosowane stężenia NaCl spowodowały statystycznie istotne obniżenie świeżej i suchej masy części nadziemnej badanych siewek soi odmiany Progres (rys. 1). Żadne z zastosowanych stężeń NaCl nie prowadziło do statystycznie istotnych zmian świeżej i suchej masy korzeni soi odmiany Progres w stosunku do kontroli (rys. 2). W przypadku odmiany Nawiko wartości świeżej i suchej masy części nadziemnej, pokazane na rysunku 3, uległy zmniejszeniu wraz ze wzrostem stosowanych stężeń NaCl w pożywce. Najwyższe zastosowane w pożywce stężenie (NaCl  $75 \text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) spowodowało statystycznie istotne (w stosunku do roślin kontrolnych bez NaCl) zmniejszenie się suchej masy korzeni soi odmiany Nawiko (rys. 4), nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic dla świeżej masy korzeni, prawdopodobnie ze względu na duże wartości odchylenia standardowego tych serii pomiarowych.



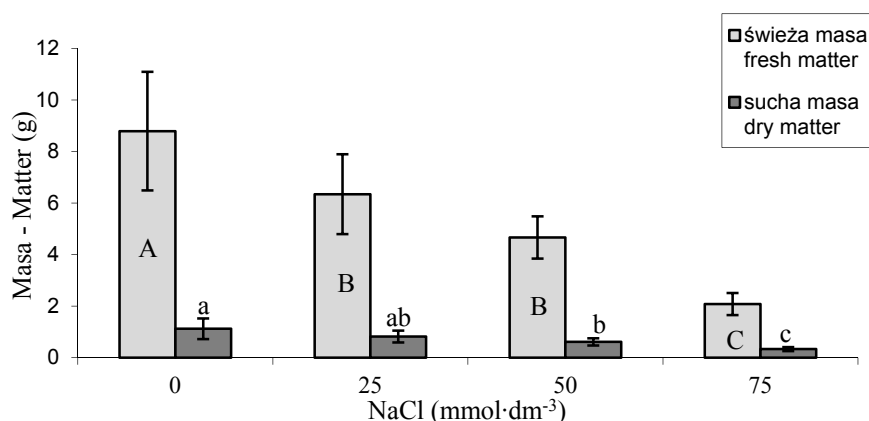
**Rys. 1.** Świeża i sucha masa części nadziemnej soi odmiany Progres roślin kontrolnych bez NaCl (0) i poddanych działaniu NaCl w stężeniach: 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> pożywki Hoaglanda. Dużymi literami na wykresach oznaczono grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ) dla świeżej masy oraz małymi literami grupy jednorodne dla suchej masy. Na wykresach oznaczono również odchylenia standardowe

**Fig. 1.** Fresh and dry matter of shoot of soybean cv. Progres plants – control without NaCl (0) and subjected to the effect of NaCl at Hoagland medium concentrations of 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup>. Capital letters on the graphs indicates homogeneous groups determined by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) for fresh weight, lowercase homogeneous groups for dry weight. Standard deviation is marked



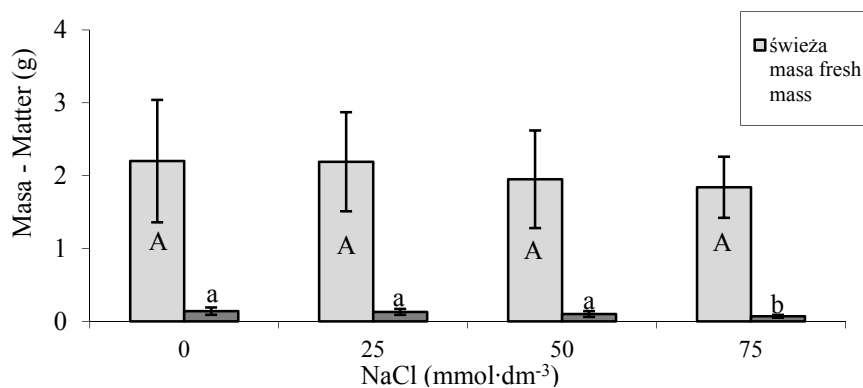
**Rys. 2.** Świeża i sucha masa korzeni soi odmiany Progres roślin kontrolnych bez NaCl (0) i poddanych działaniu NaCl w stężeniach odpowiednio: 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> pożywki Hoaglanda. Dużymi literami na wykresach oznaczono grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ) dla świeżej masy oraz małymi literami grupy jednorodne dla suchej masy. Na wykresach oznaczono również odchylenia standardowe

**Fig. 2.** Fresh and dry matter of roots of soybean cv. Progres plants – control without NaCl (0) and subjected to the effect of NaCl at Hoagland medium concentrations of 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup>. Capital letters on the graphs indicates homogeneous groups determined by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) for fresh weight, lowercase homogeneous groups for dry weight. Standard deviation is marked



**Rys. 3.** Świeża i sucha masa części nadziemnej soi odmiany Nawiko roślin kontrolnych bez NaCl (0) i poddanych działaniu NaCl w stężeniach odpowiednio: 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> pożywki Hoaglanda. Dużymi literami na wykresach oznaczono grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ) dla świeżej masy oraz małymi literami grupy jednorodne dla suchej masy. Na wykresach oznaczono również odchylenia standardowe

**Fig. 3.** Fresh and dry matter ofshoot of soybean cv. Nawiko plants – control without NaCl (0) and subjected to the effect of NaCl at Hoagland medium concentrations of 25, 50, 75 mmol dm<sup>-3</sup>. Capital letters on the graphs indicates homogeneous groups determined by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) for fresh weight, lowercase homogeneous groups for dry weight. Standard deviation is marked



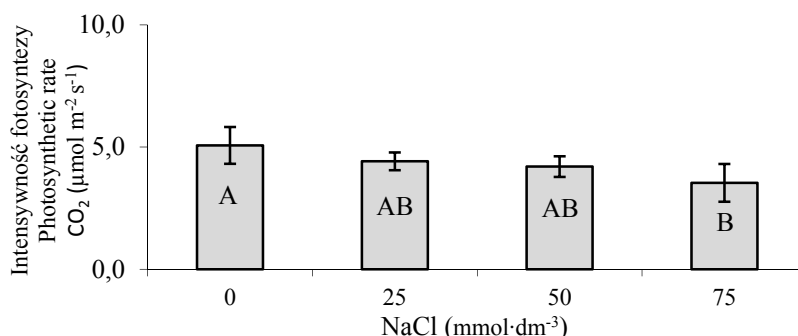
**Rys. 4.** Świeża i sucha masa korzeni soi odmiany Nawiko roślin kontrolnych bez NaCl (0) i poddanych działaniu NaCl w stężeniach odpowiednio: 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> pożywki Hoaglanda. Dużymi literami na wykresach oznaczono grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ) dla świeżej masy oraz małymi literami grupy jednorodne dla suchej masy. Na wykresach oznaczono również odchylenia standardowe

**Fig. 4.** Fresh and dry matter roots of soybean cv. Nawiko plants – control without NaCl (0) and subjected to the effect of NaCl at Hoagland medium concentrations of 25, 50, 75 mmol dm<sup>-3</sup>. Capital letters on the graphs indicates homogeneous groups determined by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) for fresh weight, lowercase homogeneous groups for dry weight. Standard deviation is marked

Przeprowadzone pomiary intensywności asymilacji CO<sub>2</sub> wykazały, że najwyższe stężenie NaCl – 75 mmol·dm<sup>-3</sup> spowodowały zmniejszenie intensywności fotosyntezy netto roślin soi odmiany Progres (rys. 5). Natomiast w przypadku odmiany Nawiko (rys. 6) wszystkie zastosowane stężenia NaCl zahamowały intensywność asymilacji CO<sub>2</sub>. W celu porównania odporności obu badanych odmian soi na stres solny wyznaczono wartości względne procentowe A (%) w stosunku do roślin kontrolnych bez NaCl (K<sub>P</sub> – rośliny kontrolne bez NaCl dla odmiany Progres oraz K<sub>N</sub> – rośliny kontrolne bez NaCl dla odmiany Nawiko – wzór nr 1). Następnie odjęto odpowiadające sobie wartości względne wyznaczonych parametrów świeżej i suchej masy oraz szybkości asymilacji ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>) i przedstawiono na wykresie jako różnice pomiędzy odmianą Progres (P) i Nawiko (N), co pozwoliło w sposób jednoznaczny porównać odporność obu odmian na stres suszy (rys. 7).

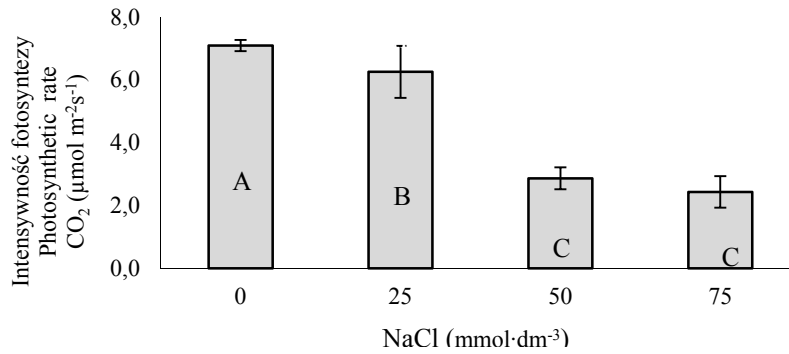
$$A(\%) = \left( \frac{P}{K_P} - \frac{N}{K_N} \right) \cdot 100(\%) \quad (1)$$

Tak wyznaczone parametry w sposób jednoznaczny dały również możliwość porównania odporności obu odmian na stres zasolenia. Dla najwyższego stężenia NaCl – 75 mmol·dm<sup>-3</sup> wszystkie wyznaczone parametry względne świadczą o lepszej odporności roślin odmiany Progres. Dla stężenia NaCl 50 mmol·dm<sup>-3</sup> sucha masa części nadziemnej i korzeni oraz intensywność asymilacji dwutlenku węgla jest wyższa w stosunku do kontroli dla odmiany Progres niż Nawiko. Odmiana Nawiko okazała się tolerancyjna na najniższe stosowane stężenie NaCl 25 mmol·dm<sup>-3</sup>.



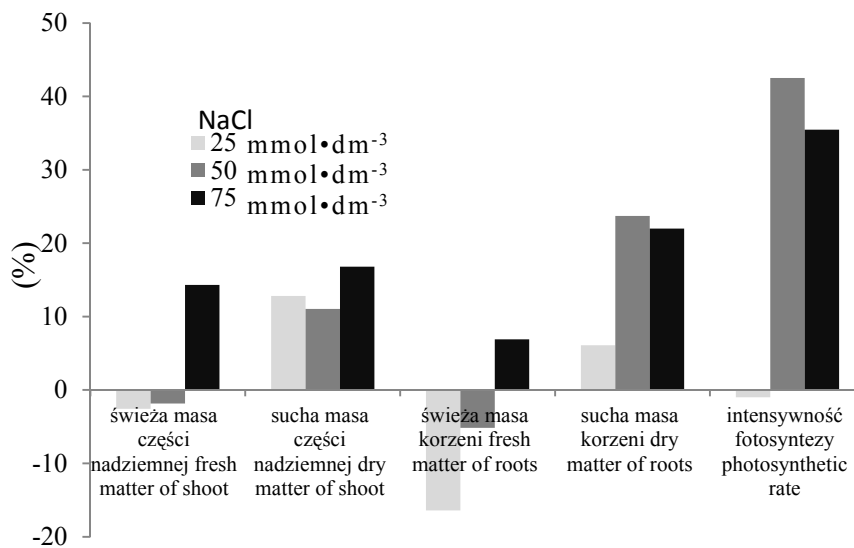
**Rys. 5.** Natężenie asymilacji CO<sub>2</sub> roślin soi odmiany Progres roślin kontrolnych bez NaCl (0) i poddanych działaniu NaCl w stężeniach odpowiednio: 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> pożywki Hoaglanda. Dużymi literami na wykresach oznaczono grupy jednorodnie wyznaczone testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ). Na wykresach oznaczono również odchylenia standardowe

**Fig. 5.** Photosynthetic rate of Progres soybean plants – control without NaCl (0) and subjected to the effect of NaCl at Hoagland medium concentrations of 25, 50, 75 mmol dm<sup>-3</sup>. Capital letters on the graphs indicates homogeneous groups determined by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ). Standard deviation is marked



**Rys. 6.** Natężenie asymilacji CO<sub>2</sub> roślin soi odmiany Nawiko roślin kontrolnych bez NaCl (0) i poddanych działaniu NaCl w stężeniach odpowiednio: 25, 50, 75 mmol·dm<sup>-3</sup> pożywki Hoaglanda. Dużymi literami na wykresach oznaczono grupy jednorodnie wyznaczone testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ). Na wykresach oznaczono również odchylenia standardowe

**Fig. 6.** Photosynthetic rate of Nawiko soybean plants – control without NaCl (0) and subjected to the effect of NaCl at Hoagland medium concentrations of 25, 50, 75 mmol dm<sup>-3</sup>. Capital letters on the graphs indicates homogeneous groups determined by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ). Standard deviation is marked



**Rys. 7.** Różnica pomiędzy względnymi wartościami wyznaczanych parametrów biometrycznych i asymilacji dwutlenku węgla między odmianą Progres a Nawiko

**Fig. 7.** Difference between relative values of biometric parameters and CO<sub>2</sub> assimilation intensity between Progres and Nawiko soybean plants

Prezentowane wyniki świadczą o negatywnym wpływie stresu solnego na badane rośliny. Podobne badania nad wyselekcjonowaniem odmian bardziej i mniej odpornych na zasolenie prowadzone na 6 odmianach soi przez Cicek i in. (2008) prowadziły do konkluzji, że parametry biometryczne młodych siewek tej rośliny są właściwym sposobem określania odporności odmian na stres solny. Jednoznacznie negatywny wpływ stresu solnego na parametry biometryczne roślin soi odnotowano również w badaniach Essa (2002). Obserwowano także zróżnicowaną tolerancję odmian soi na zmieniające się stężenia soli w pożywce (Mer i in. 2000). Dla soi odmiany Enrei zastosowanie stężeń NaCl 20, 40 i 80 mmol·dm<sup>-3</sup> pozwoliło stwierdzić, że najniższe stężenie jest tolerowane, a najwyższe stężenie dla tej odmiany jest letalne (Sobhania i in. 2010). Dla badanych przez nas odmian soi podobne stężenie NaCl – 75 mmol·dm<sup>-3</sup> powodowało wyraźne pogorszenie parametrów biometrycznych, nie było ono jednak dla nich letalne. Wyższe stężenia soli, bo 100 i 200 mmol·dm<sup>-3</sup> stosował Amirjani (2010). Zaobserwował on obniżenie świeżej i suchej masy badanych przez siebie roślin soi, proporcjonalne do wzrostu stężenia soli w pożywce. Stwierdził również zmniejszenie stężenia jonów Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i K<sup>+</sup> oraz zahamowanie aktywności enzymów antyoksydacyjnych przy wyższych stężeniach NaCl. Zmianę aktywności enzymatycznej enzymów antyoksydacyjnych i pogorszenie się parametrów biometrycznych roślin soi w wyniku działania stresu solnego odnotował również Li (2009).

Wszystkie stosowane w naszym doświadczeniu stężenia NaCl tj. 25, 50 i 75 mmol·dm<sup>-3</sup> prowadziły do zmniejszenia świeżej i suchej masy części nadziemnej w obu badanych odmianach soi. Efekt ten był proporcjonalny do wzrostu stężenia soli w pożywce. Większy względny spadek masy części nadziemnej w stosunku do kontroli zaobserwowano u roślin odmiany Nawiko. Również korzenie tej rośliny poddane działaniu najwyższego stężenia chlorku sodu tj. 75 mmol·dm<sup>-3</sup> wykazały statystycznie istotne obniżenie suchej masy. Pod wpływem zasolenia nie zaobserwowano spadku badanych parametrów biometrycznych dla korzeni odmiany Progres.

Wzrost korzeni w warunkach zasolenia podłoża jest na ogół mniej spowalniany niż części nadziemnej (Munns 2002). Jest to bowiem organ, który w największym stopniu może zniwelować negatywne skutki nadmiaru jonów w podłożu (Starck i in. 1995), choć mogłoby się wydawać, że ze względu na bezpośredni kontakt z zasolonym podłożem są one najbardziej narażonym na uszkodzenia organem rośliny.

Stres solny powoduje również zaburzenia w procesach fizjologicznych. W warunkach zasolenia podłoża obserwuje się u wielu gatunków roślin silne zahamowanie asymilacji CO<sub>2</sub> (Starck i in. 1995). Może być to spowodowane wieloma czynnikami, np. zamykaniem aparatów szparkowych (Starck i in. 1995; Loreto i in. 2003), obniżeniem aktywności i zawartości karboksylazy RuBP, zwłaszcza podczas długotrwałego stresu (Loreto i in. 2003), czy też zaburzeniami



w transporcie elektronów i aktywności fotosystemu II (Lu i in. 2003). Również w przeprowadzonym przez nas doświadczeniu zaobserwowano zmniejszenie intensywności fotosyntezy w warunkach stresu solnego. Stwierdzono, że intensywność asymilacji CO<sub>2</sub> liści soi odmiany Progres ulega statystycznie istotnemu zmniejszeniu wartości dopiero przy wyższych (50 i 75 mmol·dm<sup>-3</sup>) stężeniach soli w pożywce. Dla odmiany Nawiko intensywność fotosyntezy obniża się już przy stężeniu chlorku sodu 25 mmol·dm<sup>-3</sup>. Porównanie względnych wartości intensywności asymilacji CO<sub>2</sub> wskazuje na dużo większą odporność (na działanie wyższych stężeń NaCl) odmiany Progres, niż drugiej z badanych odmian soi – Nawiko.

#### WNIOSKI

1. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce statystycznie istotnie zmniejszyła się świeża i sucha masa części nadziemnej badanych roślin soi obu odmian: Progres i Nawiko.

2. Nie zaobserwowano wpływu zwiększonego stężenia NaCl w pożywce na świeżą masę korzeni obu badanych odmian soi: Nawiko i Progres. Jedynie w przypadku suchej masy korzeni negatywny wpływ stwierdzono dla odmiany Nawiko przy stężeniu chlorku sodu 75 mmol·dm<sup>-3</sup>.

3. Najwyższe stężenie NaCl w pożywce (75 mmol·dm<sup>-3</sup>) spowodowały zmniejszenie intensywności fotosyntezy u roślin obu odmian soi. Stwierdzone pod wpływem stresu zasolenia zmiany badanych parametrów, szczególnie wyniki porównania parametrów względnych, wskazują na mniejszą odporność na zasolenie roślin soi odmiany Nawiko.

#### PIŚMIENNICTWO

- Amirjani M.R., 2010. Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. *American Journal of Plant Physiology*, 5(6), 350-360.
- Cicek N., Cakirlar H., 2008. Effects of salt stress on some physiological and photosynthetic parameters at three different temperatures in six soya bean (*Glycine max* (L.) Merrill) Cultivars. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 194 (1), 34-46.
- Essa T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 188 (2), 86-93.
- Grieve C.M., Wang D., Shannon M.C., 2003. Salinity and irrigation method affect mineral ion relations of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 901-913.
- Lee S.K., Sohn E.Y., Hamayun M., Yoon J.Y., Lee I.J., 2010. Effect of silicon growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforestry Systems*, Volume 80, Issue 3, 333-340.
- Li Y., 2009. Effects of NaCl stress on antioxidative enzymes of glycine sojasieb. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(6), 510-513.

- Loreto F., Centritto M., Chartzoulakis K., 2003. Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. *Plant, Cell and Environment*, 26, 595-601.
- Lu C., Qiu N., Lu Q., 2003. Photoinhibition and the xanthophyll cycle are not enhanced in the salt-acclimated halophyte *Artimisiaanethifolia*. *Physiologia Plantarum*, 118, 532-537.
- Matuszak R., Włodarczyk M., Brzostowicz A., Wybieralski J., 2009. Wpływ NaCl na zawartość wybranych mikroelementów w liściach i korzeniach siewek pszenicy ozimej odmiany Almari. *Acta Agrophysica*, 14(1), 145-153.
- Mer R.K., Prajith P.K., Pandya D.H., Pandey A.N., 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeumvulgare*, *Triticumaestivum*, *Cicerarietinum* and *Brassica juncea*. *Journal Agronomy & Crop Science*, 185 (4), 209-217.
- Munns R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25, 239-250.
- Šařec O., Šařec P., Dobek T., 2006. Uprawa i zbiór soi. *Inżynieria Rolnicza*, 4, 255-261.
- Sobhanian H., Razavizadeh R., Nanjo Y., Ehsanpour A.A., Jazii F.R., Motamed N., Komatsu S., 2010. Proteome analysis of soybean leaves, hypocotyls and roots under salt stress. *Proteome Science*, 8, 19, 1-15.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 111-123.

## EVALUATION OF THE EFFECTS OF SALT STRESS ON SOYBEAN SEEDLINGS

*Andrzej Gawlik<sup>1</sup>, Renata Matuszak-Slamani<sup>1</sup>, Dorota Gołębiowska<sup>1</sup>,  
Romualda Bejger<sup>1</sup>, Mariola Sienkiewicz<sup>1</sup>, Danuta Kulpa<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Physics and Agrophysics,

<sup>2</sup>Department of Plant Genetic, Breeding and Biotechnology,  
West Pomeranian University of Technology in Szczecin  
ul. Papieża Pawła IV/3, 71-459 Szczecin  
e-mail: Andrzej.Gawlik@zut.edu.pl

**Abstract.** The influence of NaCl content in Hoagland medium – in concentrations of 25, 50, 75 mmol dm<sup>-3</sup> – on the growth and photosynthesis of soybean seedlings (cv. Progres and Naviko) was studied. Fresh and dry weights of shoot and root and photosynthesis intensity were determined. It was observed that with increase of NaCl concentration in the medium there is a significant decrease of the fresh and dry weight of the shoot in plants of both cultivars. There was no effect of increased NaCl concentration in the medium on the fresh weight of the roots of the two soybean cultivars. Only in the case of the dry weight of roots a negative effect was noted for Naviko cultivar at NaCl concentration of 75 mmol dm<sup>-3</sup>. The higher concentration of NaCl in the medium (75 mmol dm<sup>-3</sup>) caused a impairment of CO<sub>2</sub> assimilation of both soybean cultivars. The results showed also that young plants of Progres cultivar more salt stress tolerant than Nawiko cultivar.

**Key words:** salt stress, soybean, growth, photosynthesis