

OCENA WPŁYWU ZASOLENIA NA WZROST, FOTOSYNTEZĘ,
POTENCJAŁ WODY I TEMPERATURĘ LIŚCI SIEWEK
PSZENICY ODMIANY ALMARI

*Renata Matuszak¹, Piotr Baranowski², Ryszard T. Walczak²,
Aleksander Brzóstowicz¹*

¹Zakład Fizyki AR, ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin
e-mail: renia@agro.ar.szczecin.pl

²Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu NaCl (w stężeniach od 0 do 150 mmol·dm⁻³ w pożywce Hoaglanda) na wzrost, fotosyntezę, potencjał wody i temperaturę liści siewek pszenicy odmiany Almari. Zaobserwowano, że niewielkie stężenia NaCl zwiększają świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni siewek pszenicy odmiany Almari w stosunku do kontroli. Dodatek NaCl do pożywki powodował wzrost różnicy temperatury powierzchni liści siewek pszenicy pomiędzy kontrolą a siewkami z różnego zasolenia. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce stwierdzono: zmniejszanie się wartości badanych parametrów biometrycznych, natężenia fotosyntezy i intensywności transpiracji, obniżała się również wartość potencjału wody w liściach badanych siewek.

Słowa kluczowe: NaCl, potencjał wody, temperatura radiacyjna, fotosynteza, pszenica

WSTĘP

Wzrost ilości gleb zasolonych i pogłębiający się deficyt wody słodkiej zmusza do nawadniania pól wodą morską częściowo odsoloną. Stwarza to niebezpieczeństwo zasolenia gleb. Obecnie około 20% światowych użytków rolnych i blisko połowa z wszystkich nawadnianych terenów jest narażona na zasolenie [14].

Zależnie od rodzaju soli, jej koncentracji, rodzaju uprawianej rośliny, stanu środowiska i innych towarzyszących czynników, wpływ zasolenia na rośliny może być różny. Może powodować odwracalne bądź nieodwracalne zaburzenia w ich funkcjonowaniu [3,6]. Pod wpływem zasolenia następuje hamowanie wzrostu i rozwoju roślin [2,3,12]. Zbyt intensywny stres solny może doprowadzić do śmierci rośliny, natomiast przy stosunkowo małych stężeniach NaCl wzrost całych roślin jest nawet stymulowany [9,11].

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu NaCl na wzrost, intensywność fotosyntezy i transpiracji, potencjał wody oraz temperaturę liści siewek pszenicy odmiany Almari.

MATERIAŁ

Badania prowadzono na siewkach pszenicy ozimej odmiany Almari w warunkach kontrolowanych. Doświadczenie trwało 28 dni.

Przygotowano roztwory soli i rozcieńczono je pół na pół z pożywką Hoaglanda tak, aby końcowe stężenia NaCl wynosiły odpowiednio: 25, 50, 75, 100 i 150 mmol·dm⁻³. Kontrolę stanowił roztwór pożywki Hoaglanda i wody destylowanej w stosunku 1:1. Ziarniaki rozłożono w kiełkownikach (po 100 sztuk), umieszczono w pojemnikach i zalano wcześniej przygotowanymi roztworami. Tak przygotowany materiał umieszczono w minifitotronie (temperatura 20°C, oświetlenie 200 μmol (fotonów)·m⁻²·s⁻¹ w zakresie PAR, fotoperiod 12h/12h dzień/noc). Od trzeciego dnia doświadczenia stopniowo (2°C/dobę) obniżano temperaturę do +10°C.

METODY

Pomiary biometryczne liści i korzeni

Po upływie 28 dni wzrostu oznaczono: długość i szerokość pierwszego liścia, długość i liczbę korzeni, świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni siewek pszenicy. Długość liści i korzeni mierzono z dokładnością do 1mm a szerokość liści z dokładnością do 0,01mm. Suchą masę badanych obiektów wyznaczono po wysuszeniu ich w cieplarni przez 12 godzin w temperaturze 105°C. Wagię przeprowadzono na wadze laboratoryjnej WPS-36 z dokładnością do 0,0001g.

Średnie wartości parametrów biometrycznych liści i korzeni siewek traktowanych NaCl wyrażono w procentach wartości tych parametrów u roślin kontrolnych.

Ocena fotosyntezy

Podstawowe parametry fotosyntezy, natężenie asymilacji CO₂ i intensywność transpiracji liści siewek pszenicy, mierzono za pomocą gazoanalyzer LCA-4. Pomiary wykonano w 6 powtórzeniach dla każdego wariantu doświadczenia.

Pomiar potencjału wody

Potencjał wody w roślinie mierzono przyrządem wykonanym w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie [10], z wykorzystaniem komór psychrometrycznych firmy Wescor Inc., USA. Metoda pomiaru oparta jest na wyznaczaniu zawartości pary wodnej w próbce, który to parametr w zakresie od zera do pięćdziesięciu

barów jest liniowo związany z potencjałem. W stanie równowagi między fazą stałą i gazową potencjał wody w próbce jest równy potencjałowi pary wodnej. Tak więc, mierząc względną wilgotność powietrza w otoczeniu termozłącza można określić potencjał pary wodnej w próbce.

Pomiar temperatury radiacyjnej

Pomiaru temperatury radiacyjnej powierzchni liści siewek pszenicy dokonano kamerą termograficzną firmy AGEMA (model 880LWB), pracującą w zakresie 8-13 μ m. Dodatkowo system pomiarowy wyposażony był w kamerę CCD pracującą w zakresie światła widzialnego.

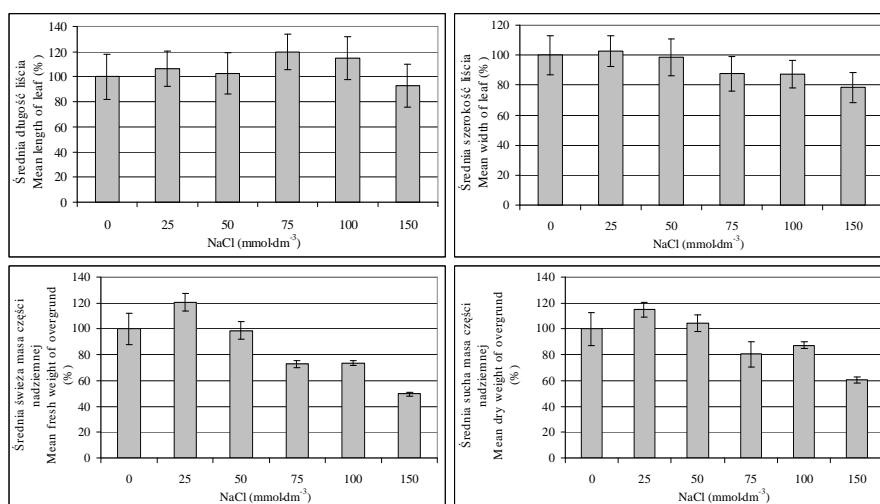
Dokonano jednoczesnej rejestracji zobrażeń roślin w dwóch kielkownikach: jeden z roztworem kontrolnym a drugi z roztworem o odpowiednim stężeniu NaCl. W trakcie pomiarów w pomieszczeniu utrzymywano temperaturę 20°C i wilgotność względną 60%. Wszystkie rejestracje wykonano z odległości 1,20 m. Obiektywy kamery ustawione były prostopadle do mierzonych powierzchni liści.

WYNIKI I DYSKUSJA

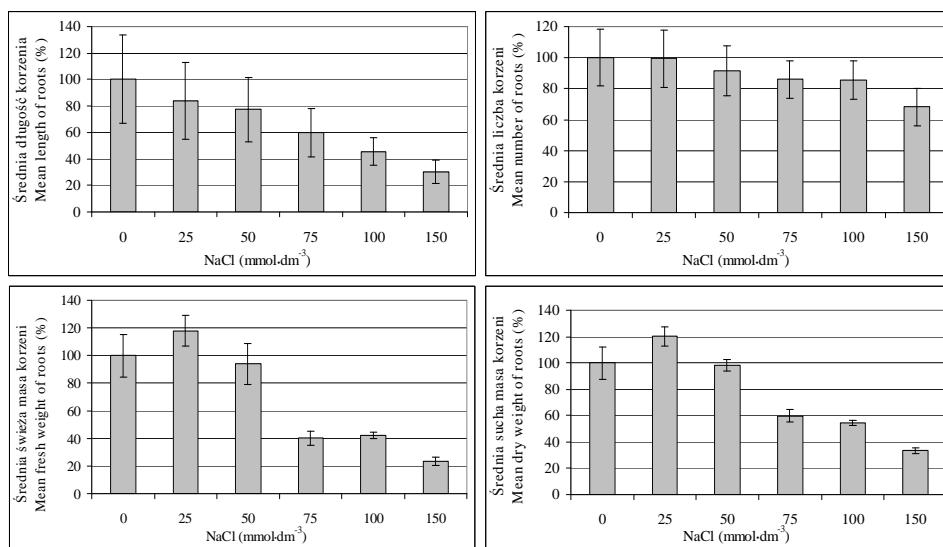
Na rysunku 1 przedstawiono wpływ NaCl na rozmiary pierwszego liścia oraz świeżą i suchą masę części nadziemnej siewek pszenicy Almari. Zastosowane w doświadczeniu stężenia NaCl (poza najwyższym – 150 mmol·dm⁻³) zwiększają średnią długość pierwszego liścia w stosunku do kontroli. Szerokość pierwszego liścia zmniejsza się wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce. Świeża i sucha masa części nadziemnej siewek pszenicy rosnących „na roztworach” o niewielkim stężeniu NaCl jest większa od kontroli. Wzrost stężenia NaCl w pożywce zmniejsza biomasę badanych siewek. Podobne rezultaty uzyskano dla korzeni (rys. 2), tzn. mniejsza świeża i sucha masa korzeni występowała u roślin rosnących „na roztworach” o większym stężeniu soli. Dodatek NaCl do pożywki Hoaglanda powodował w każdym przypadku zmniejszenie długości i liczby korzeni w stosunku do roślin z roztworu kontrolnego (rys. 2).

W tabeli 1 przedstawiono wpływ NaCl na dwa podstawowe parametry fotosyntezy: natężenie fotosyntezy i intensywność transpiracji. Wartości obydwu badanych parametrów zmniejszają się wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda.

Jest to w zasadzie zgodne z danymi literaturowymi, w których stwierdzono, że stres solny wpływa na zmniejszenie produkcji biomasy poprzez wpływ na parametry związane z wymianą gazową: fotosyntezę, oddychanie i transpirację [6]. Przyczyną niższej intensywności fotosyntezy w warunkach zasolenia jest, według danych literaturowych; między innymi obniżenie zawartości chlorofilu, zamknięcie szparek, spadek aktywności karboksylazy RuBP, zaburzenia w transporcie elektronowym [6,12].



Rys. 1. Wpływ NaCl na długość i szerokość pierwszego liścia oraz świeżą i suchą masę części nadziemnej siewek pszenicy odmiany Almari. Na wykresie zaznaczono odchylenie standardowe (SD)
Fig. 1. Effect of NaCl on first leaf size and mass of overground parts of wheat of Almari cultivar. Standard deviation is marked



Rys. 2. Wpływ NaCl na liczbę, długość oraz masę korzeni siewek pszenicy odmiany Almari. Na wykresie zaznaczono odchylenie standardowe (SD)
Fig. 2. Effect of NaCl on the number, length and mass of root in wheat of Almari cultivar. Standard deviation is marked

Tabela 1. Wpływ NaCl na natężenie fotosyntezy i intensywność transpiracji liści siewek pszenicy odmiany Almari (100% – wartości parametrów fotosyntezy dla liści roślin kontrolnych po 28 dniach uprawy). Wartości średnie \pm odchylenie standardowe (SD)

Table 1. Effect of NaCl on photosynthetic rate and transpiration rate for wheat leaves of Almari cultivar (100% – number of control plants after 28 day cultivation). Means \pm SD

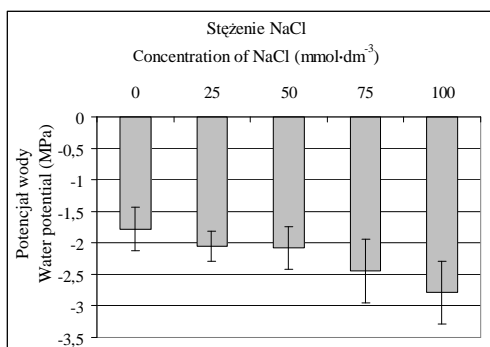
Parametry fotosyntezy Photosynthetic parameters	Stężenie – Concentration (mmol NaCl \cdot dm ⁻³)					
	0	25	50	75	100	150
Natężenie fotosyntezy Photosynthetic rate (μ mol(CO ₂) \cdot m ⁻² \cdot s ⁻¹)	100,00 \pm 25,20	40,94 \pm 7,89	23,36 \pm 2,89	13,38 \pm 2,10	13,38 \pm 2,62	10,50 \pm 4,72
Intensywność transpiracji Transpiration rate (mmol(H ₂ O) \cdot m ⁻² \cdot s ⁻¹)	100,00 \pm 22,67	42,67 \pm 13,33	34,67 \pm 10,67	17,33 \pm 5,33	28,00 \pm 10,67	20,00 \pm 4,00

Według danych literaturowych zasolenie podłoża wpływa niekiedy pozytywnie na plon, jego jakość i odporność roślin na choroby [9]. Reakcja roślin na zasolenie jest cechą indywidualną. Pomiedzy gatunkami, oraz między odmianami, istnieją znaczne różnice w stopniu odporności na zasolenie środowiska [2].

W przypadku badanej pszenicy odmiany Almari dodatek niewielkich ilości soli do pożywki Hoaglanda zwiększał biomasę badanych siewek. Niektórzy badacze podają, że stosunkowo małe stężenia NaCl mogą stymulować wzrost roślin [7,9,11]. Generalnie jednak stwierdza się niekorzystny wpływ zasolenia na wzrost i rozwój roślin [6,12,13]

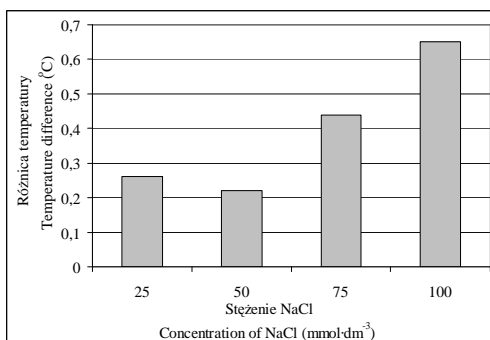
Ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda zaobserwowano także obniżanie się wartości potencjału wody w liściach badanych siewek w stosunku do roślin kontrolnych (rys. 3). Modyfikacja gospodarki wodnej jest powszechnie rejestrowaną reakcją całej rośliny na różne stresy i prowadzi do obniżenia potencjału wody komórek [4,8,13]. Dzieje się to w wyniku zahamowania lub ograniczenia pobierania wody przez system korzeniowy rośliny (np. pod wpływem suszy lub zasolenia gleby znacznie spada potencjał wody roztworu glebowego), natomiast transpiracja zachodzi ze wzmoczoną lub mniej zmienioną intensywnością [5].

Z analizy obrazów termalnych między siewkami z poszczególnych stężeń NaCl a kontrolą, można stwierdzić wzrost temperatury liści wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda (rys. 4). W tym przypadku nadmiar soli w podłożu zmniejsza uwodnienie komórek, powodując spadek turgoru, co hamuje wzrost roślin i objawia się wzrostem temperatury liści siewek pszenicy. Poprzez zmiany temperatury, w tym radiacyjnej roślina może wykazywać zaburzenia w przebiegu funkcji fizjologicznych [1].



Rys. 3. Wpływ NaCl na potencjał wody w liściach siewek pszenicy odmiany Almari. Na wykresie zaznaczono odchylenie standardowe (SD)

Fig. 3. Effect of NaCl on water potential in leaves of wheat seedlings of Almari cultivar. Standard deviation is marked



Rys. 4. Wpływ NaCl na różnicę temperatury, pomiędzy temperaturą powierzchni liści siewek pszenicy kontrolnych a temperaturą liści siewek z różnego zasolenia

Fig. 4. Effect of NaCl on temperature difference between leaf surface temperature of control wheat seedlings and leaf surface temperature of seedlings from different salinity conditions

WNIOSKI

1. Niewielkie stężenia NaCl zwiększają świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni siewek pszenicy odmiany Almari.
2. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce zmniejszają się wartości badanych parametrów biometrycznych siewek w stosunku do kontroli.
3. Wartość potencjału wody w liściach badanych siewek obniża się ze wzrostem stężenia NaCl. Świadczy to o zahamowaniu lub ograniczeniu pobierania wody przez system korzeniowy w wyniku nadmiernego zasolenia podłoża i prowadzi do ograniczenia transpiracji liści a tym samym zmniejszenia intensywności fotosyntezy.
4. Obserwowany wzrost temperatury liści siewek pszenicy wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce jest wynikiem obniżenia potencjału wody i zmniejszenia transpiracji.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baranowski P., Mazurek W., Walczak R.T.:** Zastosowanie termografii do badania stresu wodnego roślin i ewapotranspiracji rzeczywistej. Acta Agrophysica, 21, 1999.

2. **Bilski J.:** Reakcja roślin na stresy mineralne powodowane zakwaszeniem i zasoleniem środowiska. Część IV. Wpływ NaCl i Na₂SO₄ na wzrost i skład chemiczny siewek jęczmienia, pszenicy i owsa. Biuletyn IHAR, 165, 75-83, 1988.
3. **Bilski J.:** Zakwaszenie i zasolenie podłoża jako czynniki stresowe dla roślin. Rocz. Nauk Roln., seria D, t. 222, 1990.
4. **Heuer B., Nadler A.:** Physiological responses of potato plants to soil salinity and water deficit. Plant Science, 137, 43-51, 1998.
5. **Kacperska A.:** Czy można mówić o wspólnym podłożu odpowiedzi roślin na działanie stresowych czynników środowiska. Konf. „Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych”, Kraków, 49-59, 1996.
6. **Kalaji M. H., Pietkiewicz S.:** Salinity effects on plant growth and other physiological processes. Acta Physiol. Plant., 15, 2, 89-124, 1993.
7. **Mer R. K., Prajith P. K., Pandya D. H., Pandey A. N.:** Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* and *Brassica juncea*. J. Agronomy & Crop Science, 185, 209-217, 2000.
8. **Romero-Aranda R., Soria T., Cuartero J.:** Tomato plant – water uptake and plant – water relationships under saline growth conditions. Plant Science, 160, 265-272, 2001.
9. **Shannon M. C., Grieve C. M.:** Tolerance of vegetable crops to salinity. Scientia Horticulturae 78, 5-38, 1999.
10. **Skierucha W., Sobczuk H., Malicki M.A.:** Zastosowanie psychrometru Peltiera do pomiaru potencjału wody: prototyp przyrządu pomiarowego. Acta Agrophysica, 53, 125-134, 2001.
11. **Starck Z.:** Fizjologiczne aspekty reakcji roślin na zasoleni. Post. Nauk Roln., 2, 17-26, 1983.
12. **Starck Z., Chohuj D., Niemyska B.:** Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW, Warszawa, 1995.
13. **Sultana N., Ikeda T., Itoh R.:** Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany, 42, 211-220, 1999.
14. **Jian-Kang Zhu.:** Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, vol. 6, 2, 2001.

EVALUATION OF THE EFFECT OF SALINITY ON THE GROWTH, PHOTOSYNTHESIS, WATER POTENTIAL AND TEMPERATURE OF LEAVES OF WHEAT SEEDLINGS OF ALMARI CULTIVAR

*Renata Matuszak¹, Piotr Baranowski², Ryszard T. Walczak²,
Aleksander Brzóstowicz¹*

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

²Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Abstract. Influence of NaCl content in Hoagland's medium (concentrations: 0-150 mmol dm⁻³) on the growth, photosynthesis, water potential and temperature of wheat (*cv.* Almari) leaves, growing in controlled conditions, was studied. It was observed that small concentrations of NaCl induce an increase of fresh and dry mass in overground parts and in roots of wheat in relation to the controlled objects. The addition of NaCl to the medium caused a distinct increase of temperature of wheat seedlings leaf surface between control objects and seedlings from various salinity levels. It was ascertained that an increase of NaCl concentration in the medium caused a reduction of the values of the biometrical parameters tested, of the intensity of photosynthesis and transpiration. The value of water potential was also lowered in the leaves of the tested seedlings.

Key words: NaCl, water potential, radiation temperature, photosynthesis, winter wheat