

OCENA WPLYWU NaCl NA WZROST I MROZOODPORNOŚĆ SIEWEK DWÓCH ODMIAN PSZENICY*

R. Matuszak, A. Brzóstowicz

Zakład Fizyki AR, ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin
e-mail: fizyka@dedal.man.szczecin.pl

Streszczenie. Zbadano wpływ NaCl (stężenia od 0 do 150 mmol-dm⁻³) w pożywce Hoaglanda na kiełkowanie, wzrost i mrozoodporność siewek pszenicy odmiany Roma i Almari. Niewielkie stężenia chlorku sodu (np. 20 mmol-dm⁻³) w pożywce stymulowały zdolność kiełkowania ziarniaków i przyrost biomasy badanych odmian pszenicy. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce zmniejszała się zdolność kiełkowania oraz przyrost biomasy. Zastosowane roztwory chlorku sodu zmniejszały odporność błon komórkowych na niską temperaturę (wyznaczoną metodą konduktometryczną), zarówno u roślin niehartowanych jak i hartowanych. Pod wpływem NaCl transport elektronowy w fotosystemie II stawał się mniej wrażliwy na niską temperaturę, co stwierdzono poprzez detekcję opóźnionej luminescencji.

Słowa kluczowe: zasolenie, mrozoodporność, konduktometria, opóźniona luminescencja, pszenica ozima.

WSTĘP

Rośliny rosnące w warunkach naturalnych są ciągle narażone na działanie różnego typu stresów. Współdziałanie kilku niekorzystnych czynników powoduje specyficzną reakcję roślin, wyrażającą się przede wszystkim zahamowaniem wzrostu i niższym, często gorszej jakości, plonem [11]. Reakcja rośliny na działanie stresu zależy od jego długotrwałości, natężenia, towarzyszących warunków i stanu fizjologicznego rośliny nie tylko w czasie jego trwania, ale również w okresie poprzedzającym [12].

Pogłębiający się deficyt wody słodkiej zmusza do nawadniania pól wodą morską częściowo odsoloną. Stwarza to niebezpieczeństwo zasolenia gleb i roślin upraw-

* Praca finansowana przez AR w Szczecinie w ramach grantu wewnątrzuczelnianego.

nych. Wpływ wysokich koncentracji soli w glebie przejawia się w postaci stresu osmotycznego i prowadzi do suszy fizjologicznej, zaburzeń w pobieraniu wody, naruszenia równowagi jonowej oraz zatrucia jonami np. Na, Cl [1, 7,11].

Niska temperatura jest jednym z czynników mającym zasadnicze znaczenie dla wegetacji, zwłaszcza ozimych roślin uprawnych. Okresy występowania mrozu, czyli temperatury poniżej 0°C, powodują często nieodwracalne skutki fizjologiczne, a nawet śmierć rośliny.

Celem pracy było zbadanie odporności siewek pszenicy ozimej odmiany Roma i Almari na kontrolowane warunki zasolenia i niskiej temperatury.

MATERIAŁ

Badania przeprowadzono, w warunkach kontrolowanych, na siewkach pszenicy ozimej odmiany Roma i Almari. Odmiany te charakteryzują się różną wrażliwością na mróz. Odmiana Almari jest wrażliwa na niskie temperatury, a Roma zaliczana jest do odmian o dużej mrozoodporności (doboru dokonano na podstawie listy odmian rolniczych, podawanej przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych). Doświadczenie prowadzono przez 30 dni.

Przygotowano roztwory soli i rozcieńczono je pół na pół z pożywką Hoaglanda tak, aby końcowe stężenia NaCl wynosiły od 20 do 150 mmol·dm⁻³. Kontrolę stanowił roztwór pożywki Hoaglanda i wody destylowanej w stosunku 1:1.

Ziarniaki rozłożono w kiełkownikach „Szmala” (Kospin, Poddębice), następnie zalano roztworami NaCl. Tak przygotowany materiał umieszczono w termoluminostacie (temperatura 20°C, oświetlenie 200 μmol (fotonów)·m⁻²·s⁻¹ w zakresie PAR, fotoperiod 12h/12h). Stopniowo (2°C/dobę) obniżano temperaturę do 10°C. Po 14 dniach doświadczenia część roślin poddano hartowaniu. Obniżono temperaturę do +2°C, zmieniono oświetlenie [60 μmol (fotonów)·m⁻²·s⁻¹ PAR] i fotoperiod 8h/16h. Hartowanie prowadzono przez 14 dni.

METODY

Pomiary biometryczne

1. Liczbę kiełków i siewek (o wysokości co najmniej 5mm) odnotowano po upływie 3, 5, 7, 10, 14 i 30 dni wzrostu.
2. Rozmiary pierwszego liścia (długość i szerokość), liczbę korzeni oraz świeżą i suchą masę części nadziemnej określono po 30 dniach doświadczenia. Te parametry biometryczne liści i korzeni zmierzono przy użyciu linijki z dokładnością 1mm. Ważenie przeprowadzono na wadze laboratoryjnej WPS-35

z dokładnością 0,0001g. Suchą masę badanych obiektów wyznaczono po wysuszeniu ich w suszarce przez 12h w temperaturze 105°C.

Rozmiary i masę liści oraz korzeni uśredniono odpowiednio na jedną roślinę.

Ocena mrozoodporności

Metoda konduktometryczna

Badanie odporności błon komórkowych siewek pszenicy odmiany Roma i Almari na niską temperaturę przeprowadzono zmodyfikowaną metodą konduktometryczną wyznaczając t_{50} , tzn. temperaturę, w której występuje 50% wyciek elektrolitu z przemrożonych obiektów, co jest równoznaczne z 50% uszkodzeniem tych obiektów [3,5,6,10] Ocenę przeprowadzono zarówno dla roślin niehartowanych jak i hartowanych, które rosły "na pożywce" z różną zawartością NaCl, w 10 powtórzeniach dla każdego wariantu.

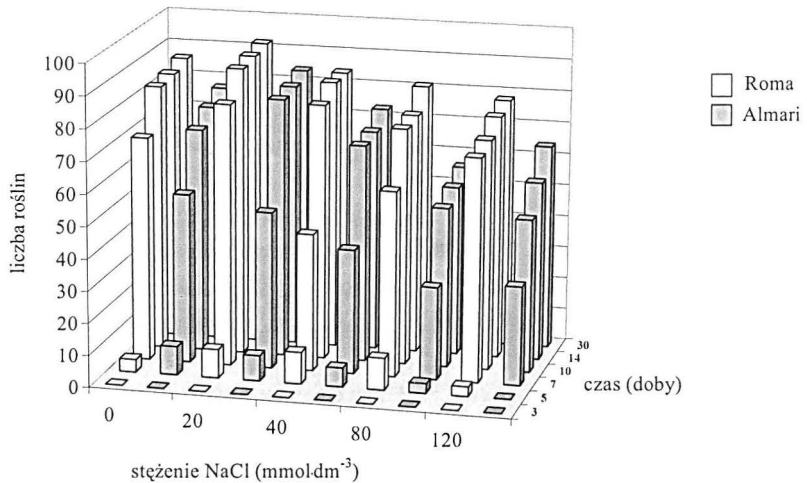
Metoda luminescencyjna

Zbadano wpływ niskiej temperatury w zakresie od 0 do -20°C na natężenie sekundowej składowej opóźnionej luminescencji (IOL) fragmentów liści siewek pszenicy. Jako wskaźnik odporności aparatu fotosyntetycznego na niską temperaturę przyjęto wartość t_m (temperatura, w której wystąpiło maksymalne natężenie opóźnionej luminescencji podczas obniżania temperatury fragmentów liści) oraz wartość W_w (względny przyrost IOL podczas obniżania temperatury) [3,4,10]. Badania przeprowadzono zarówno dla roślin nie hartowanych jak i hartowanych, które rosły "na pożywce" z różną zawartością NaCl, w 5 powtórzeniach dla każdego wariantu.

Obliczenia statystyczne wykonano stosując jednoczynnikową analizę wariancji – test F przy poziomie istotności $P < 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na Rys. 1 przedstawiono zależność liczby roślin od czasu wzrostu i stężenia NaCl w pożywce. Kielki o wysokości co najmniej 5 mm pojawiły się piątego dnia doświadczenia, z wyjątkiem najwyższego stężenia NaCl dla odmiany Almari. Można zauważyć, że liczba roślin rosnących na roztworze 20 mmol (NaCl)·dm⁻³ przewyższa liczbę roślin z roztworu kontrolnego i innych badanych roztworów. Taka sytuacja występuje dla obu odmian pszenicy. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce zmniejsza się liczba skielkowanych siewek. Liczba siewek pszenicy odmiany Almari była zawsze mniejsza od liczby siewek pszenicy odmiany Roma, niezależnie od stężenia NaCl w pożywce czy dnia doświadczenia.



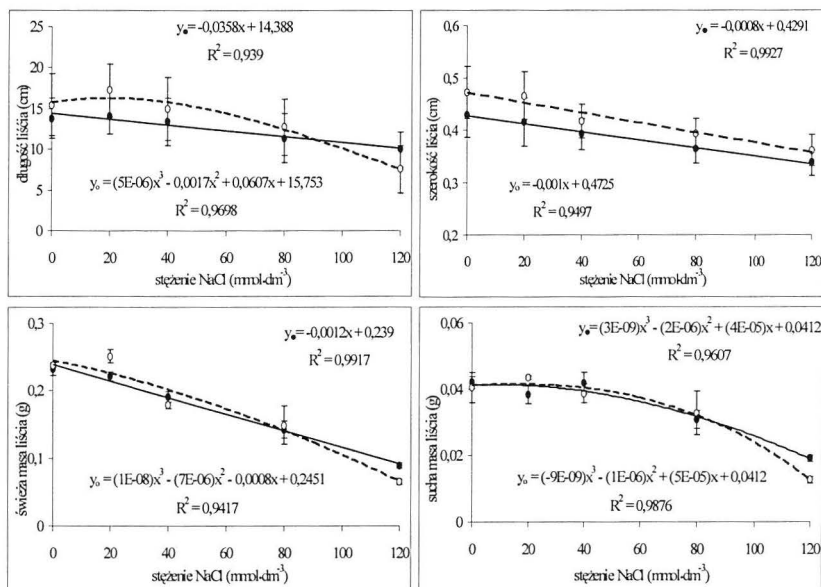
Rys. 1. Wpływ NaCl na kiełkowanie i liczbę siewek pszenicy odmiany Roma i Alinari.

Fig. 1. Effect of NaCl on germination capacity and number of wheat seedlings Roma and Alinari cultivar.

Zależność długości i szerokości pierwszego liścia oraz świeżej i suchej masy części nadziemnej badanych odmian pszenicy od stężenia NaCl w pożywce przedstawia Rys. 2. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce maleją wartości badanych cech biometrycznych w porównaniu do roślin z roztworu kontrolnego. Tylko w przypadku roślin rosnących "na pożywce" o stężeniu 20 mmol(NaCl)·dm⁻³ długość pierwszego liścia badanych odmian jest większa niż u roślin kontrolnych, a u odmiany Alinari również wartości świeżej i suchej masy części nadziemnej są wyższe niż u roślin kontrolnych. Stwierdzono istotne różnice (przy poziomie istotności $P < 0,05$) między badanymi odmianami w długości i szerokości pierwszego liścia. W przypadku świeżej i suchej masy części nadziemnej istotne różnice przy poziomie istotności $P < 0,05$ wystąpiły pomiędzy siewkami badanych odmian rosnącymi na roztworach o zawartości NaCl 20 i 120 mmol·dm⁻³.

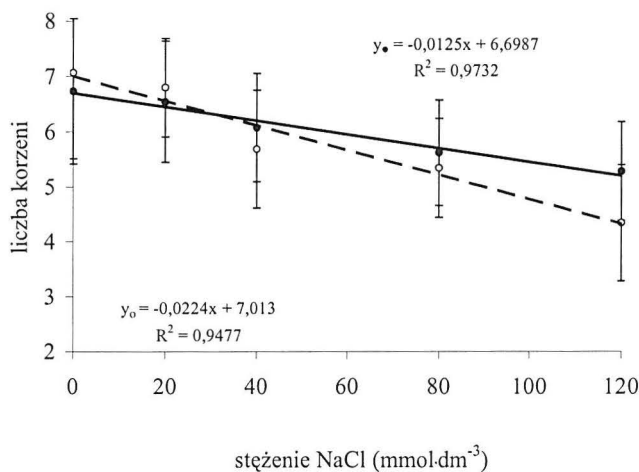
Liczba korzeni (Rys. 3) w siewkach badanych odmian pszenicy maleje wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce. Dla siewek rosnących na roztworach o stężeniu 40 i 120 mmol(NaCl)·dm⁻³ stwierdzono istotne różnice między odmianami w liczbie korzeni.

Powyższe wyniki ukazują, że przy stosunkowo małych stężeniach NaCl kiełkowanie roślin jest stymulowane. Natomiast zbyt silny stres solny wpływa niekorzystnie na zdolność kiełkowania ziarniaków, przyrost biomasy oraz wzrost siewek. Zgodne jest to z obserwacjami innych badaczy [1,2,8,9].



Rys. 2. Wpływ NaCl na rozmiary i masę pierwszego liścia siewek pszenicy odmiany Roma (—●—) i Almari (—○—).

Fig. 2. Effect of NaCl on first leaf size and mass wheat seedlings Roma (—●—) and Almari (—○—) cultivar.

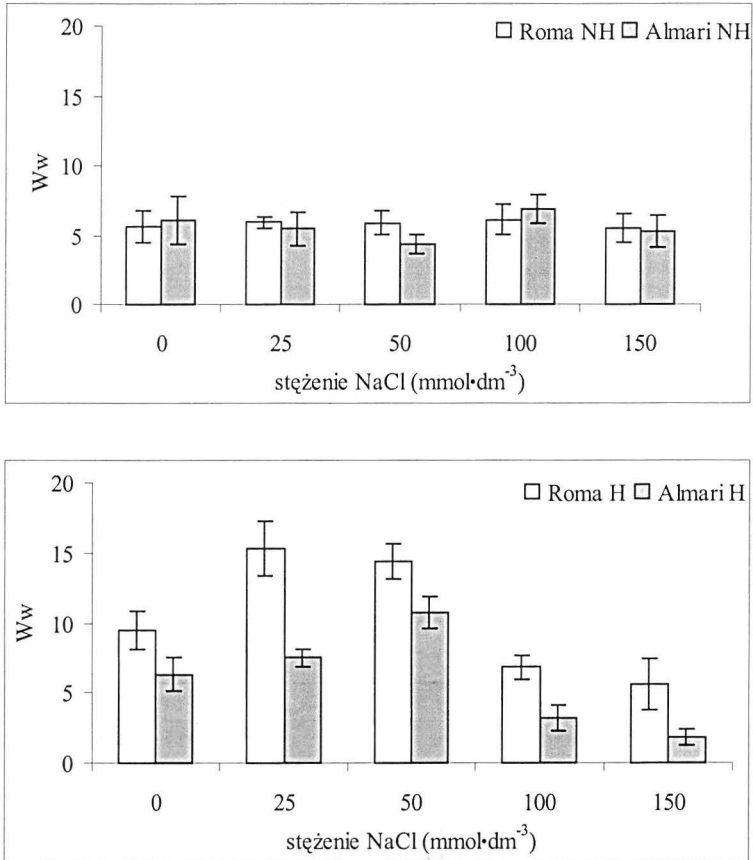


Rys. 3. Wpływ NaCl na liczbę korzeni siewek pszenicy odmiany Roma (—●—) i Almari (—○—).

Fig. 3. Effect of NaCl on the number of roots of wheat seedlings Roma (—●—) and Almari (—○—) cultivar.

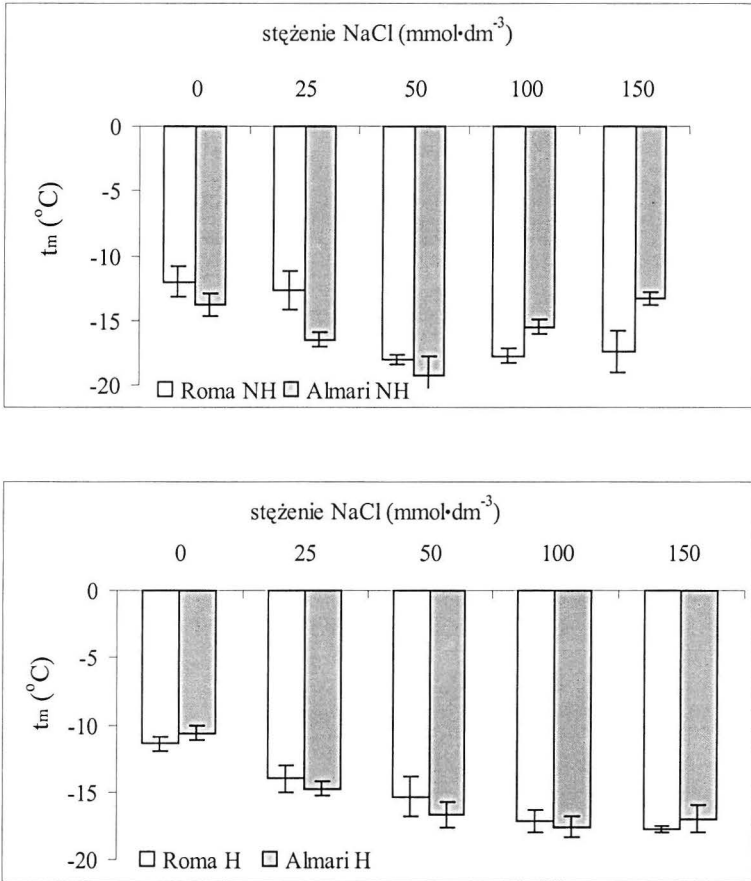
Na Rys. 4 i 5 przedstawiono wpływ NaCl odpowiednio na wskaźnik W_w oraz temperaturę siewek pszenicy odmiany Roma i Almari nie hartowanych i hartowanych na niską temperaturę. Wskaźniki te zależą od wrażliwości fotosyntezy i transportu elektronów na niską temperaturę. Zastosowane stężenia NaCl nie wpływają na wartość W_w siewek badanych odmian pszenicy nie hartowanych na niską temperaturę (brak istotnych różnic przy poziomie $P < 0,05$ między odmianami). Proces hartowania zwiększył wartości W_w obu odmian przy niewielkich stężeniach NaCl w pożywce. Wartości tego wskaźnika dla odmiany Roma są wyższe niż dla odmiany Almari (stwierdzono istotne różnice między odmianami). Nie hartowane i hartowane siewki badanych odmian pszenicy rosnące „na pożywce” z różną zawartością NaCl charakteryzują się niższymi wartościami t_m niż rośliny z roztworu kontrolnego. Pomiędzy odmianami nie hartowanymi na niską temperaturę stwierdzono istotne różnice. W przypadku roślin hartowanych brak istotnych różnic między odmianami w wartościach t_m .

Wpływ NaCl na temperaturę (wyznaczoną metodą konduktometryczną) dla siewek pszenicy odmiany Roma i Almari nie hartowanych i hartowanych na niską temperaturę przedstawiono na Rys. 6. Badanie konduktometryczne udziela informacji o zmianie w przepuszczalności błon komórkowych. Cały transport wewnątrzkomórkowy uzależniony jest od właściwości błon, których struktury ulegają zaburzeniom pod wpływem stresów. Wszystkie zmiany czynników środowiska są przede wszystkim rejestrowane przez błony [9]. Obecność NaCl w pożywce w przypadku roślin nie hartowanych nie wpływa na wartość t_{50} badanych odmian pszenicy. Dla siewek hartowanych rosnących „na pożywce” o stężeniu $25 \text{ mmol}(\text{NaCl}) \cdot \text{dm}^{-3}$ wartości t_{50} są niższe w porównaniu do siewek z roztworów o wyższym stężeniu NaCl w pożywce. Wyższe stężenia NaCl w pożywce Hoaglanda w przypadku roślin hartowanych zwiększają przepuszczalność błon komórkowych.



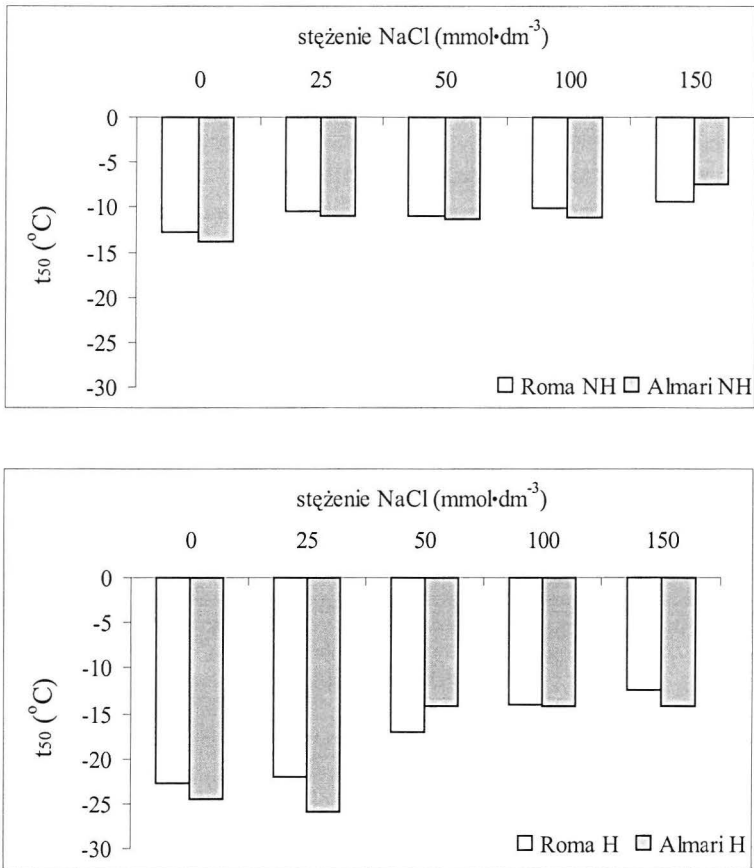
Rys. 4. Wpływ NaCl na wskaźnik W_w (względny przyrost IOL podczas obniżania temperatury) dla siewek pszenicy odmiany Roma i Almari nie hartowanych (NH) i hartowanych (H) na niską temperaturę.

Fig. 4. Effect of NaCl on W_w (relative increase IOL during lower temperature) for wheat seedlings Roma and Almari unhardened (NH) and hardened (H) on low temperature.



Rys. 5. Wpływ NaCl na temperaturę t_m , w której występowało maksymalne natężenie opóźnionej luminescencji dla siewek pszenicy odmiany Roma i Almari nie hartowanych (NH) i hartowanych (H) na niską temperaturę.

Fig. 5. Changes in temperature (t_m) which the maximum of delayed luminescence intensity occurred estimated for unhardened (NH) and hardened (H) wheat seedlings Roma and Almari cultivar at different concentration of NaCl solutions.



Rys. 6. Wpływ NaCl na temperaturę t_{50} (50% uszkodzeń) wyznaczoną metodą konduktometryczną dla siewek pszenicy odmiany Roma i Alinari nie hartowanych (NH) i hartowanych (H) na niską temperaturę.

Fig. 6. Changes in frost killing temperature t_{50} (50% injuries) determined by conductometric method estimated for unhardened (NH) and hardened (H) wheat seedlings Roma and Alinari cultivar at different concentration of NaCl solutions.

PODSUMOWANIE

1. Niewielkie stężenia NaCl (np. 20 mmol·dm⁻³) w pożywce stymulują zdolność kiełkowania ziarniaków i przyrost biomasy badanych odmian pszenicy.
2. Wraz ze wzrostem stężenia NaCl w pożywce zmniejsza się zdolność kiełkowania oraz przyrost biomasy badanych odmian pszenicy.

3. Odmiana Almari mimo słabszej zdolności kiełkowania charakteryzuje się dłuższym i szerszym pierwszym liściem w porównaniu do odmiany Roma. Pomimo tego wartości świeżej i suchej masy części nadziemnej badanych odmian są zbliżone.
4. Zaobserwowano wzrost przepuszczalności błon komórkowych pod wpływem NaCl, zwłaszcza przy stężeniach powyżej $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$, szczególnie u roślin hartowanych. NaCl zmniejsza zatem odporność na niską temperaturę (wyznaczoną metodą konduktometryczną) zarówno roślin nie hartowanych jak i hartowanych.
5. Uzyskane wartości parametrów luminescencyjnych wskazują, że transport elektronowy w fotosystemie II pod wpływem NaCl staje się mniej wrażliwy na niską temperaturę. Może to sugerować, że termostabilność błon tylakoidalnych pod wpływem NaCl wzrasta zarówno u roślin nie hartowanych jak i hartowanych.
6. Odporność błon komórkowych odmiany Almari na niską temperaturę jest większa w porównaniu z odmianą Roma. Natomiast wartości parametrów luminescencyjnych wskazują, że transport elektronowy w fotosystemie II jest mniej wrażliwy na niską temperaturę dla odmiany Roma niż odmiany Almari.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bilski J.:** Reakcja roślin na stresy mineralne powodowane zakwaszeniem i zasoleniem środowiska. Część IV. Wpływ NaCl i Na_2SO_4 na wzrost i skład chemiczny siewek jęczmienia, pszenicy i owsa. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin nr 165, 75-83, 1998.
2. **Bilski J.:** Zakwaszenie i zasolenie podłoża jako czynniki stresowe dla roślin. Roczniki Nauk Rolniczych, seria D. tom 222, 1990.
3. **Brzóstowicz A.:** Determination of delayed photosynthetic apparatus luminescence as a possible method of frost resistance evaluation in wheat leaves. *Acta Pysiol. Plant.*, 12(3), 187-191, 1990.
4. **Brzóstowicz A.:** Evaluation of cereal frost resistance by luminescence method. *Hod. Rośl. Aklimat. i Nasien.*, 92 (1/2), 192-194, 1988.
5. **Flint H. L., Boyce B. R., Brattie D., J.:** Index of injury a useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electric method. *Can. J. Plant Sci.*, 47, 229-239, 1967.
6. **Kacperska-Palacz A., Długokęcka E., Breitenwald J., Wciślańska B.:** Physiological mechanisms of frost tolerance: Possible role of protein in plant adaptation to cold. *Biol. Plant.*, 19, 10-17, 1977.
7. **Kalaji M. H., Pietkiewicz S.:** Salinity effects on plant growth and other physiological processes. *Acta Pysiol. Plant.*, 15, 2, 89-124, 1993.
8. **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.

9. **Rashid A., Qureshi H., Hollington P. A., Wyn Jones R. G.:** Comparative responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to salinity at the seedling stage. *J. Agronomy & Crop Science*, 182, 199-207, 1999.
10. **Rybka Z.:** Fizjologiczno-biochemiczne kryteria oceny mrozoodporności roślin uprawnych. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 183, 31-36, 1992.
11. **Starck Z., Chołuj D., Niemyska B.:** Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW, Warszawa, 1995.
12. **Starck Z.:** Współzależność pomiędzy fotosyntezą i dystrybucją asymilatów a tolerancją roślin na niekorzystne czynniki środowiska. *Postępy Nauk Rolniczych* 3, 19-35, 1995.

COMPARISON OF EFFECT OF NaCl ON GROWTH AND FROST RESISTANCE OF TWO WHEAT CULTIVARS

R. Matuszak, A. Brzóstowicz

Department of Physics, Agricultural University, Papieża Pawła VI No 3, 71-459 Szczecin

e-mail: fizyka@dedal.man.szczecin.pl

Abstract. The effect of NaCl (concentrations from 0 to 150 mmol dm⁻³) in Hoagland's medium on germination capacity, growth and frost resistance of wheat seedlings cultivar Roma and Almari was studied. Little concentrations of sodium chloride (eg. 20 mmol dm⁻³) in medium stimulated ability to germination capacity and biomass increase wheat cultivars investigated. Together with increase of concentration NaCl in medium decreased ability to germination capacity and biomass increase. Used sodium chloride solutions decreased cellular membranes resistance on low temperature (determined conductometric method) both unhardened and hardened plants. Analysis delayed luminescence showed that electron transport in photosystem II became less sensitive on low temperature under influence of NaCl.

Keywords: salinity, frost resistance, conductometric, delayed luminescence, winter wheat.