

Samodzielny Zakład Przyrodniczych Podstaw Ogrodnictwa, SGGW w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159, 02-677 Warszawa
e-mail: mariola.wrochna@gmail.com

MARIOLA WROCHNA, HELENA GAWROŃSKA,
STANISŁAW W. GAWROŃSKI

**Wpływ chlorku sodu w podłożu na kiełkowanie nasion
oraz biomasę roślin ozdobnych z rodzin komosowatych
i szarłatowatych**

Effect of sodium chloride on seed germination and biomass of ornamental plants
from the families of *Amaranthaceae* and *Chenopodiaceae*

Streszczenie. Celem pracy była ocena wpływu soli do odładzania ulic (98% NaCl) na kiełkowanie nasion oraz biomasę u 15 genotypów roślin ozdobnych (12 z rodziny *Amarantaceae* kiełkujących wobec: 17, 34, 69, 103, 138, 172 mM NaCl oraz 3 z rodziny *Chenopodiaceae* kiełkujących wobec: 34, 69, 103, 138, 172, 207, 241, 276, 310, 345 mM NaCl). Stwierdzono, że obecność NaCl w podłożu zmniejsza i wydłuża kiełkowanie nasion. Komosowate podczas kiełkowania wykazywały większą tolerancję na zasolenie niż szarłatowate. W doświadczeniach wazonowych, w warunkach szklarniowych, stwierdzono istotny wpływ wzrastającego zasolenia powodowanego chlorkiem sodu (34, 103, 241, 517 mM NaCl) na rośliny w autotroficznej fazie wzrostu, które powodowało obniżenie wytwarzania świeżej i suchej masy. W niższych stężeniach rośliny niektórych genotypów zareagowały stymulacją akumulacji biomasy. Stwierdzono również istotne różnice genotypowe w reakcji roślin na zasolenie.

Słowa kluczowe: *Amarantaceae*, *Chenopodiaceae*, NaCl, kiełkowanie, biomasa

WSTĘP

Uprawa roślin w terenach zurbanizowanych napotyka na szereg trudności wynikających przede wszystkim z daleko posuniętej ingerencji człowieka. Jedną z form ingerencji w naszych warunkach klimatycznych jest systematyczne zasolenie trawników i zieleńców miejskich w pobliżu arterii komunikacyjnych. Dzieje się tak w wyniku stosowania przez ostatnie 40 lat chlorku sodu do odładzania ulic w okresie zimowym. Pod-

wyższe stężenie soli na tych stanowiskach wypiera wrażliwe na zasolenie rośliny tam rosnące. Ich miejsce zajmują dziko rosnące chwasty, głównie z rodzin komosowatych i rdestowatych, tolerujące zasolenie podłoża, pozbawione jednak walorów dekoracyjnych, jak np. *Atriplex tataricum*, *Polygonum aviculare*, *Plantago lanceolata*. Zasolenie podłoża również istotnie ogranicza dobór roślin uprawnych.

Celem pracy była ocena tolerancji na zasolenie wybranych gatunków roślin ozdobnych z rodziny szarłatowatych i komosowatych na podstawie: zdolności i dynamiki kiełkowania nasion oraz tworzenia świeżej i suchej masy.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były nasiona i rośliny wybranych ozdobnych gatunków/odmian z rodziny szarłatowatych i komosowatych. Z rodziny szarłatowatych (*Amaranthaceae*) badano 12 genotypów: *A. caudatus* L. odm. Green i Pony Tails, *A. paniculatus* L. odm. Copper Mountain, Monarch, Oeschberg, Pigmy Viridis i Pigmy Torch, *A. tricolor* L. odm. Aurora, Perfecta i Early Splendor, oraz *A. hypochondriacus* L. odm. Aztek i forma czerwona. Z rodziny komosowatych (*Chenopodiaceae*) oceniano 2 odmiany: *Kochia scoparia* – Green Bunch, Legutko – oraz łobodę ogrodową (*Atriplex hortensis* L.) odm. Green Spired.

Zdolność kiełkowania określano jako procent normalnie kiełkujących nasion, a dynamikę kiełkowania – współczynnikiem Pippera [Pipper 1952], który definiowany jest jako średnia liczba dni niezbędnych do skielkowania jednego nasienia i wyliczany ze wzoru:

$$(x_1s_1 + x_2s_2 + \dots + x_ns_n)/(s_1 + s_2 + \dots + s_n)$$

gdzie: x – kolejne dni kiełkowania nasion,
s – liczba nasion, które skielkowały w danym dniu,
n – ostatni dzień doświadczenia.

Nasiona inkubowano w szalkach Petriego o średnicy 10 cm, wyłożonych podwójną warstwą bibuły filtracyjnej, w których umieszczano po 50 nasion szarłatów i zalewano 5 ml wodnego roztworu chlorku sodu w stężeniach: 17, 34, 69, 103, 138, 172 mM NaCl lub wody destylowanej (kontrola).

W przypadku komosowatych w szalce umieszczano po 20 nasion i zalewano 5 ml roztworów chlorku sodu w stężeniach: 34, 69, 103, 138, 172, 207, 241, 276, 310, 345 mM NaCl lub wody destylowanej (kontrola).

Nasiona obu gatunków inkubowano przez 14 dni w temperaturze 25°C, w termostacie komorowym z płaszczem wodnym (TK-3, Cabrolab, Polska). Kiełkujące nasiona zliczano codziennie i usuwano. W każdej kombinacji stosowano po pięć powtórzeń (szalek), a doświadczenie powtarzano dwukrotnie. Przedstawione wyniki stanowią średnie z obu doświadczeń i z 5 powtórzeń w każdym.

Rośliny wszystkich wymienionych genotypów uprawiano w szklarni w pojemnikach z substratem torfowym. Podłoże doprowadzono do pH 6,5 przy użyciu 12 kg kredy nawozowej na 1 m³, a zawartość składników mineralnych do poziomu: N – 310 mg dm⁻³, P – 100 mg dm⁻³, K – 400 mg dm⁻³, Mg – 110 mg dm⁻³ (MIS 3 cz. A), dodawano także

mikroelementy (MIS 3 cz. B). Dziesięcioletniowe rośliny szarłatów, mietelnika i łobody traktowano solą do odladzania ulic w stężeniach: 34, 103, 241, 517 mM. Kontrolę stanowiły rośliny rosnące w takim samym podłożu podlane wodą. Po 14 dniach ekspozycji do zasolenia ścinano część nadziemną roślin i ważono ich świeżą oraz suchą masę (Medicat 1600C).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wpływ soli do odladzania ulic wyrażał się opóźnieniem i redukcją kiełkowania nasion oraz z reguły obniżeniem nagromadzenia biomasy. Rośliny pochodzące z obu badanych rodzin istotnie różniły się tolerancją na zasolenie na etapie kiełkowania, w czasie którego zarówno mietelnik, jak i łoboda ogrodowa cechowały się wyraźnie wyższą tolerancją na zasolenie. W porównywalnym najwyższym stężeniu soli kiełkowanie nasion szarłatów było u większości odmian prawie całkowicie zahamowane, podczas gdy nasiona roślin kosmosowatych kiełkowały jeszcze w od 40 (*K. scoparia* 'Green Bunch') do 80% (*A. hortensis* 'Green Spired'). Wyższą tolerancję na zasolenie roślin z rodziny kosmosowatych stwierdzili także inni autorzy [Ketembe i in. 1998, Zapata i in. 2004].

Tabela 1. Kiełkowanie nasion 12 odmian szarłatów (*Amaranthus sp.*) w obecności NaCl wyrażone w procentach nasion wysianych
Table 1. Germination of 12 cultivars of *Amaranthus sp.* exposed to de-icing salt in the growing medium

Gatunek/Odmiana Species/Cultivars	Stężenie NaCl (mM)/Salinity NaCl (mM)							NIR stężenie soli LSD salinity
	0 (H ₂ O)	17	34	69	103	138	172	
	% skielkowanych nasion/% of germinating seeds							
<i>A. paniculatus</i>								NIR _{$\alpha=0,05$} = 3,60 LSD _{$\alpha=0,05$} = 3.60
'Copper Mountain'	98,0	97,6	97,2	93,2	82,0	29,2	4,8	
'Monarch'	84,8	73,2	73,7	73,0	47,0	38,4	6,8	
'Oeschberg'	90,8	85,6	81,7	64,9	51,8	19,8	7,6	
'Pigmy Torch'	98,8	96,4	94,8	89,2	69,6	36,0	6,8	
'Pigmy Viridis'	98,8	98,6	98,4	98,8	83,2	30,0	15,2	
<i>A. caudatus</i>								
'Green'	97,2	96,8	86,0	76,8	34,0	6,0	1,6	
'Pony Tails'	98,4	96,0	96,8	70,4	28,8	18,8	4,2	
<i>Amaranthus tricolor</i>								
'Aurora'	95,2	95,6	89,2	66,8	27,2	7,6	0,4	
'Early Splendor'	97,2	98,4	97,2	93,2	52,4	10,8	3,6	
'Perfecta'	97,2	96,8	92,4	20,8	12,8	1,2	0,2	
<i>A. hypochondriacus</i>								
'Aztek'	75,4	68,8	64,6	49,8	24,2	3,4	0,2	
Forma czerwona	96,4	92,4	89,0	86,4	73,4	50,8	35,8	
NIR odmiana $\alpha=0,05$ = 4,40								
LSD cultivar $\alpha=0,05$ = 4.40								

Tabela 2. Indeks Pippera dla 12 odmian szarłatów (*Amaranthus sp.*)
kielekujących w obecności NaCl
Table 2. Pimper index of 12 cultivars of *Amaranthus sp.* exposed to de-icing salt
in the growing medium

Gatunek /Odmiana Species/Cultivars	Stężenie NaCl (mM) /Salinity NaCl (mM)							NIR dla stężenia soli LSD salinity
	0 (H ₂ O)	17	34	69	103	138	172	
	Średni czas kiełkowania jednego nasienia (dni) Mean time needed for one seed to germinate (days)							
<i>A. paniculatus</i>								NIR $\alpha=0,05 = 0,16$ LSD $\alpha=0,05 = 0,16$
‘Copper Mountain’	2,00	2,00	2,00	2,06	2,05	2,39	3,60	
‘Monarch’	3,00	3,26	3,52	3,95	4,35	4,80	6,42	
‘Oeschberg’	2,32	2,28	2,23	2,36	3,08	3,53	3,94	
‘Pigmy Torch’	2,18	2,32	2,57	3,06	3,51	3,73	3,33	
‘Pigmy Viridis’	1,73	1,81	1,89	1,95	2,18	2,57	3,22	
<i>A. caudatus</i>	2,01	2,03	2,06	2,69	2,36	3,07	3,13	
‘Green’	1,78	2,00	1,98	2,48	2,57	2,60	2,73	
‘Pony Tails’								
<i>Amaranthus tricolor</i>	2,14	2,23	2,30	2,72	3,49	3,70	4,35	
‘Aurora’	2,06	2,09	2,04	2,41	2,99	4,43	5,42	
‘Early Splendor’								
‘Perfecta’								
<i>A. hypochondriacus</i>	2,01	2,06	2,70	2,36	3,07	3,12	4,00	
‘Aztek’	2,29	2,21	2,15	2,26	2,45	3,12	3,92	
Forma czerwona	1,73	1,81	1,83	2,14	2,12	2,79	2,94	
NIR odmiana $\alpha=0,05 = 0,22$								
LSD cultivars $\alpha=0,05 = 0,22$								

Tabela 3. Kiełkowanie trzech genotypów z rodziny komosowatych w obecności NaCl wyrażone
w procentach nasion wysianych

Table 3. Germination 3 genotypes from *Chenopodiaceae* family exposed to de-icing salt
in the growing medium

Gatunek /Odmiana Species/Cultivars	Stężenie NaCl (mM) /Salinity NaCl (mM)						NIR stężenie soli LSD salinity
	0 (H ₂ O)	69	138	207	276	345	
	% skielkowanych nasion /% of germinating seeds						
<i>Atriplex hortensis</i>							NIR $\alpha=0,05 = 5,87$ LSD $\alpha=0,05 = 5,87$
‘Green Spired’	86,0	85,0	88,0	84,0	68,0	37,0	
<i>Kochia scoparia</i>							
‘Green Bunch’	62,8	55,2	50,4	35,2	8,8	10,4	
‘Legutko’	75,6	63,2	52,8	49,2	41,6	20,8	
NIR odmiana $\alpha=0,05 = 4,15$							
LSD cultivars $\alpha=0,05 = 4,15$							

Tabela 4. Indeks Pippera dla nasion 3 odmian komosowatych kiełkujących w obecności NaCl
Table 4. Pimper index of 3 genotypes of *Chenopodiaceae* exposed to de-icing salt in the growing medium

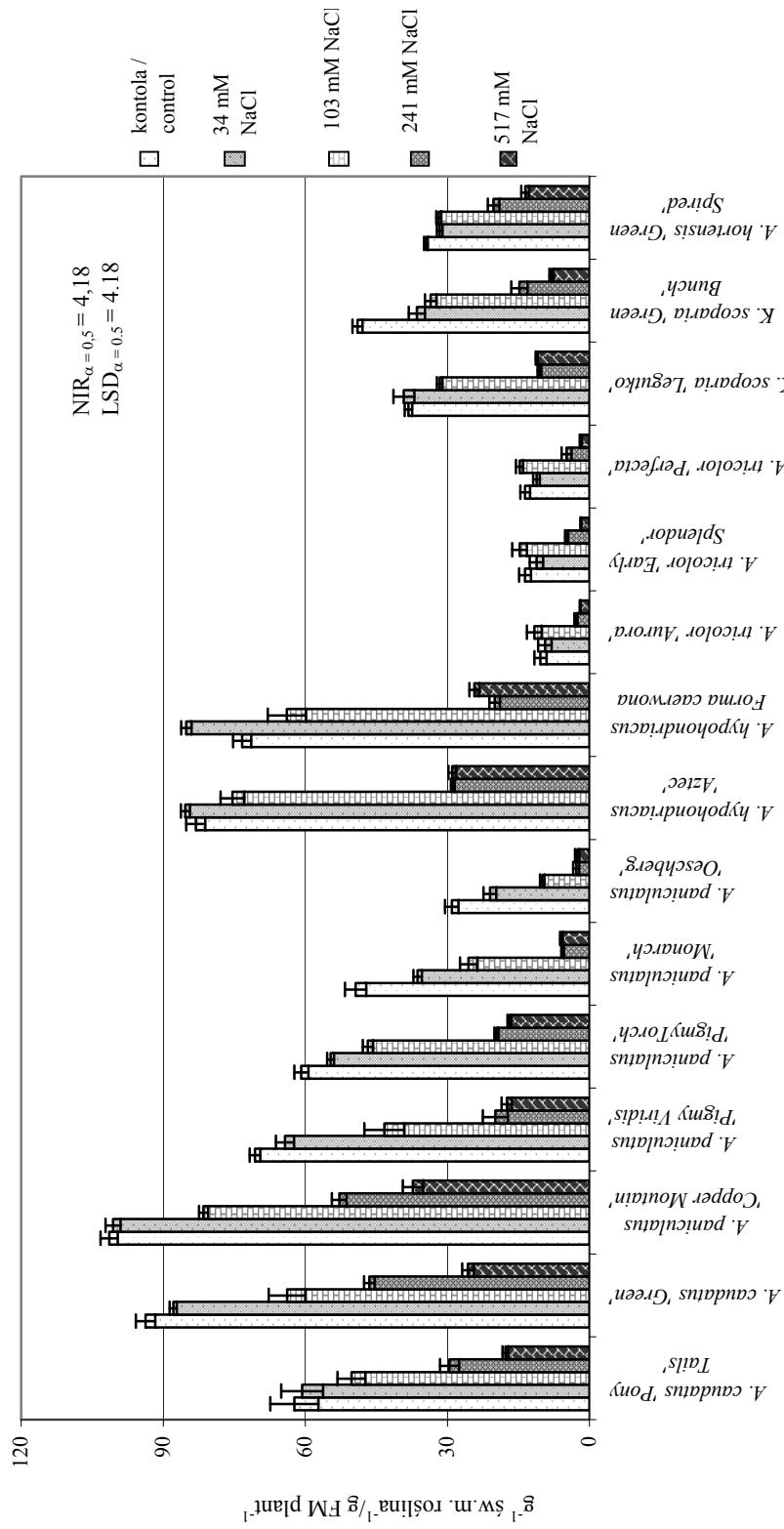
Gatunek /Odmiana Species/Cultivars	Stężenie NaCl (mM)/Salinity NaCl (mM)						NIR stężenie soli LSD salinity
	0 (H ₂ O)	69	172	207	276	345	
	Średni czas kiełkowania jednego nasienia (dni) Mean time needed for one seed to germinate (days)						
<i>Atriplex hortensis</i> 'Green Spired'	1,79	2,02	2,12	2,36	2,65	2,72	NIR $\hat{\alpha}_{0,05} = 0,16$ LSD $\hat{\alpha}_{0,05} = 0,16$
<i>Kochia scoparia</i> 'Green Bunch'	1,77	1,93	2,42	2,60	4,36	3,79	
'Legutko'	2,19	1,91	1,87	2,41	2,72	4,57	
NIR odmiana $\hat{\alpha}_{0,05} = 0,22$ LSD cultivars $\hat{\alpha}_{0,05} = 0,22$							

Wśród szarłatów najniższą tolerancję na zasolenie wykazała *A. tricolor* odm. Perfecta, u której już przy 69 mM NaCl nastąpiło obniżenie kiełkowania nasion aż o 80%, a przy 172 mM NaCl nasiona tej odmiany w zasadzie nie kiełkowały. Najwyższą tolerancją na zasolenie wśród szarłatów cechowała się *A. hypochondriacus* forma czerwona, u której kiełkowanie w roztworze zawierającym 172 mM NaCl obniżyło się o 69% względem kontroli. Uzyskane wyniki są sprzeczne z badaniami Paredez-Lopez [1994], który wykazał, że *A. tricolor* toleruje najwyższe spośród badanych przez autora szarłatów stężenia NaCl (50% redukcję kiełkowania nasion w zależności od odmiany notowano w 170–200 mM NaCl). Różnica ta może wynikać z tego, że badał on inne niż autorzy tej pracy odmiany.

Jak wspomniano, nasiona roślin z rodziny komosowatych kiełkowały w obecności wyższych stężeń chlorku sodu w podłożu. *A. hortensis* 'Green Spired' po ekspozycji do 345 mM NaCl (dwukrotnie wyższe stężenie NaCl niż najwyższe w przypadku szarłatów) kiełkowała jeszcze w 43% w porównaniu z kontrolą, co jest właściwe dla halofitów. Nie stwierdzono jednak opisywanej w literaturze stymulacji kiełkowania przez jony Na⁺ i Cl⁻ [Ishikawa i Kachi 2000].

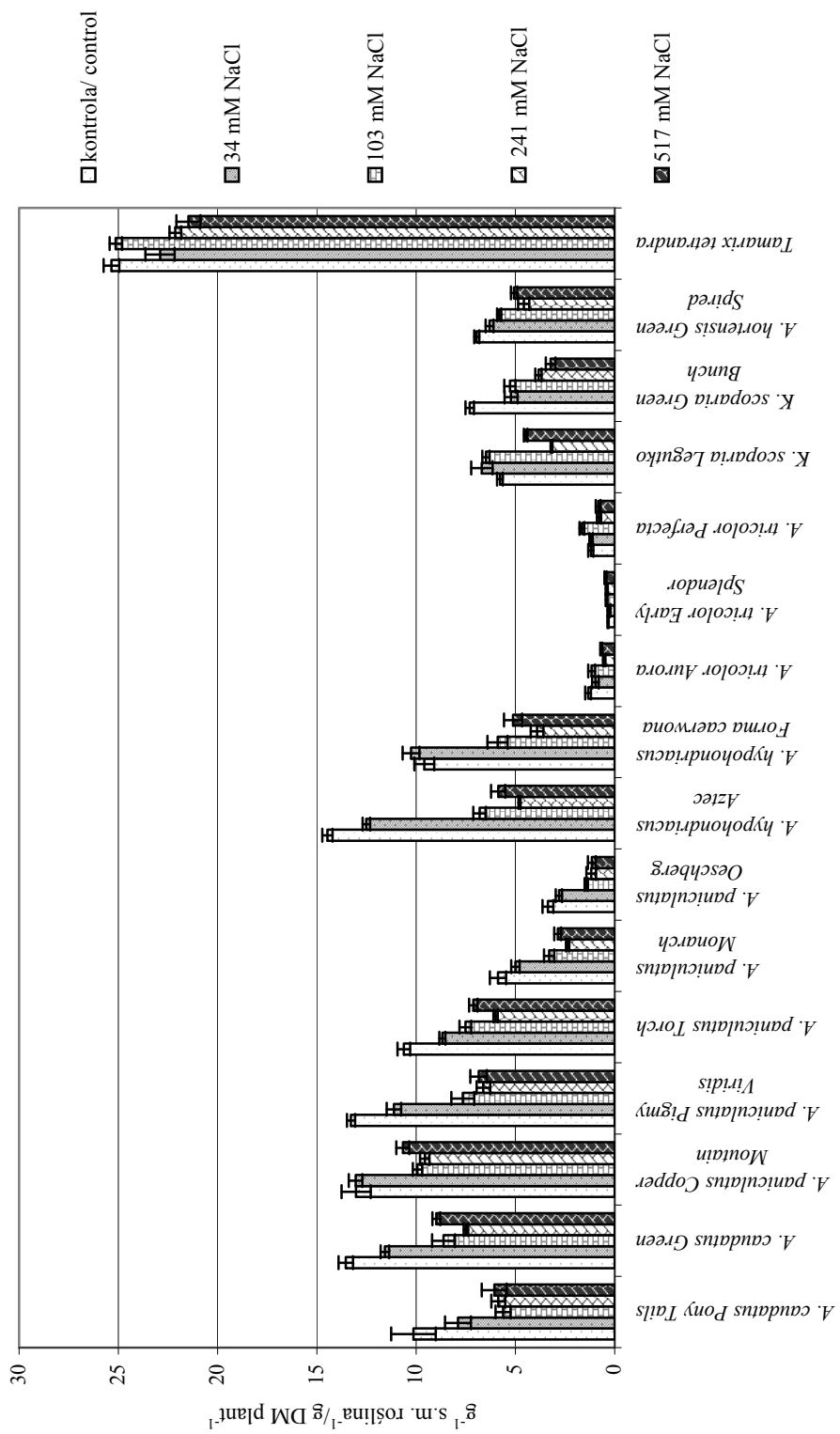
Genotypowe zróżnicowanie w reakcji na obecność NaCl w podłożu w czasie kiełkowania nasion jest znane w literaturze, co dla 9 gatunków warzyw stwierdzili Zapata i in. [2004]. W pracy tych autorów stężenie 150 mM NaCl skutkowało zmniejszeniem kiełkowania sałaty, papryki, melona, brokułu i najbardziej buraka ćwikłowego, mimo jego przynależności do rodziny komosowatych. Na uwagę zasługuje fakt zwiększenia kiełkowania nasion szpinaku względem kontroli, także należące do rodziny komosowatych.

W badaniach wykazano również wydłużenie czasu kiełkowania nasion, które (podobnie jak redukcja kiełkowania) było zróżnicowane gatunkowo i odmianowo. W obecności wody destylowanej (tab. 2, 4) średni czas kiełkowania jednego nasienia (indeks Pippera) wynosił od 1,73 dnia (forma czerwona, 'Pigmy Viridis') do 3 dni ('Monarch'), natomiast w obecności soli kiełkowanie nasion wydłużało się o od 1 dnia u *A. hortensis* odm. Green Spired aż do 3,4 dnia u *A. tricolor* odm. Early Splendor. Podobne wyniki uzyskali Zapata i in. [2003] dla różnych odmian sałaty, którzy także wykazali, że w obecności NaCl kiełkowanie nasion wydłużyło się średnio o 1 dzień w porównaniu z kiełkowaniem w wodzie. Interesujący jest fakt, że autorzy tej pracy nie stwierdzili dla 7 z 9 odmian sałaty istotnego obniżenia zdolności kiełkowania.



Rys. 1. Świeża masa roślin 12 genotypów z rodziny szarłatowatych oraz 3 genotypów z rodziny komosowatych rosnących w obecności w podłożu soli do odladzania ulic

Fig. 1. Fresh weight of plants of 12 *Amaranthus* sp. cultivars and 3 genotypes from *Chenopodiaceae* family exposed to de-icing salt in the growing medium



Rys. 2. Sucha masa roślin 12 genotypów z rodziny szarłatowatych oraz 3 genotypów z rodziny komosowatych rosnących w obecności w podłożu soli do odładzania ulic

Fig. 2. Dry weight of plants of 12 *Amaranthus* sp. cultivars and 3 genotypes from *Chenopodiaceae* family exposed to de-icing salt in the growing medium

Rośliny wszystkich badanych genotypów w odpowiedzi na zasolenie podłoża zareagowały obniżeniem akumulacji biomasy, co jest reakcją właściwą dla glikofitów, u których zasolenie podłoża powoduje zmniejszenie akumulacji zarówno świeżej, jak i suchej masy [Chaparzadeh i in. 2004]. Nie stwierdzono jednak (jak w przypadku kiełkowania) znaczących różnic pomiędzy roślinami z obu badanych rodzin w obniżaniu nagromadzenia biomasy po ich ekspozycji do podwyższonego stężenia chlorku sodu. Odnotowano natomiast znaczące różnice pomiędzy gatunkami i odmianami. Świeża masa obniżała się w porównaniu z kontrolą po zastosowaniu NaCl od 1 ('Copper Mountain' w obecności 34 mM NaCl) do 92% ('Oeschberg' w obecności 517 mM NaCl) – rys. 1. Badane genotypy reprezentowały oba z opisywanych w literaturze typów reakcji na zasolenie podłoża. Odmiany szarłatów trójbarwnych *K. scoparia* odm. Legutko oraz szarłaty o jadalnych nasionach 'Aztec' i forma czerwona w niższych stężeniach NaCl zwiększały tworzenie świeżej masy, co jest reakcją właściwą dla halofitów [Paradez-Lopez 1994, Khan i in. 2000, Liu i Schützel 2002]. Natomiast reakcji takiej nie stwierdzono u badanej odmiany łoboda ogrodowej, mimo że dane literaturowe wskazują na pozytywny wpływ zasolenia na wzrost roślin tego gatunku [Wilson i in. 2000, Khan i in. 2000].

Obecność jonów sodowych i chlorkowych w podłożu miała podobny jak w przypadku świeżej masy wpływ na tworzenie suchej masy (rys. 2), a zasolenie podłoża generalnie skutkowało obniżeniem tworzenia suchej masy. Jedynie szarłaty trójbarwne forma czerwona i 'Legutko' wytworzyły więcej suchej masy rosnąc w obecności niższych stężeń soli. Podobnie jak w przypadku świeżej masy, najsilniej na zasolenie podłoża zareagowały rośliny *A. paniculatus* odm. Oeschberg (obniżenie aż o 66% względem kontroli), natomiast najmniej wrażliwe okazały się rośliny *A. paniculatus* odm. Copper Mountain, których sucha masa zmniejszyła się o 26% (rys. 2). Stwierdzono także, że najmniejszą suchą masę tworzyły rośliny rosnące bądź w obecności 103 ('Monarch') lub 241 mM NaCl (pozostałe odmiany i gatunki), mimo że wszystkie badane genotypy miały najmniejszą świeżą masę po potraktowaniu 517 mM NaCl. Może to wynikać z różnicy (w porównywalnych stężeniach) w stopniu uwodnienia tkanek i/lub bardziej intensywnego przebiegu procesów obronnych w roślinach, co pociąga za sobą zwiększone zużycie produktów fotosyntezy i wydatkowanie energii [Kumar i in. 2003, Verslues i in. 2006].

WNIOSKI

1. Podwyższone stężenie chlorku sodu (od 17 do 345 mM NaCl) w podłożu wydłuża czas i zmniejsza zdolność kiełkowania nasion wszystkich badanych genotypów.
2. Rośliny rosnące w podwyższonym zasoleniu (od 34 do 517 mM NaCl) w podłożu wytwarzają mniejszą świeżą i suchą masę.
3. Reakcja badanych roślin na podwyższone stężenie NaCl w podłożu była zależna gatunku i odmiany. Spośród roślin komosowatych i szarłatów największą tolerancję na obecność chlorku sodu w podłożu wykazywały łoboda ogrodowa i *A. paniculatus* odm. Copper Mountain.

PIŚMIENNICTWO

- Chaparzadeh N., D'Amico M.L., Khavari-Nejad R-A., Izzo R., Navari-Izzo F. 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. *Plant Physiol. Biochem.* 42, 695–701.
- Ishikawa S-I., Kachi N. 2000. Differential salt tolerance of two *Artemisia* species growing in contrasting coastal habitats. *Ecol. Res.* 15, 241–247.
- Katembe W.J., Ungar I.A., Mitchell J.P. 1998. Effect of salinity germination and seedling growth of two *Atriplex* sp. (*Chenopodiaceae*). *Ann. Bot.* 82, 167–175.
- Khan M.A., Ungar I.A., Showalter A.M. 2000. Effects of salinity on growth water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Ann. Bot.* 85, 225–232.
- Kumar S.G., Reddy A. M., Sudhakar Ch. 2003: NaCl effects on proline metabolism in two yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with contrasting salt tolerance. *Plant Sci.* 165, 1245–1251.
- Liu F., Stützel H. 2002. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. *Europ. J. Agron.* 16, 137–150.
- Paredes-Lopez O. 1994. Amaranth biology, chemistry, and technology. CRC Press London, UK, 132–183.
- Pipper H. 1952. *Das Saatgut*. Ed. P. Parey, Berlin.
- Verslues P.E., Agarwal M., Katiyar-Agarwal S., Zhu J., Zhu J-K. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. *Plant J.* 45, 523–539.
- Wilson C., Lesch S. M., Grieve C. M. 2000. Growth stage Modulates salinity tolerance of New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*, Pall.) and Red Orach (*Atriplex hortensis* L.). *Ann. Bot.*, 85, 501–509.
- Zapata P.J., Serrano M., Pretel M. T., Amorós A., Botella M.A. 2003. Changes in ethylene and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. *Plant Sci.* 164, 557–563.
- Zapata P.J., Serrano M., Pretel M. T., Amorós A., Botella M.A. 2004. Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. *Plant Sci.* 167, 781–788.

Summary. The work studies the effect of de-icing salt on seed germination and biomass by plants from *Amaranthaceae* and from *Chenopodiaceae* families. *Amaranthaceae* were germinating at: 17, 34, 69, 138, 172 mM NaCl while *Chenopodiaceae* at: 34, 69, 103, 138, 172, 207, 241, 276, 310, 345 mM NaCl. For the evaluation of the effect of NaCl treated with salt concentrations: 34, 103, 241, 517 mM NaCl, at autotrophy growth stage plants were grown in substrate in greenhouse conditions. Results showed that salinity delayed and reduced seed germination. Plants from *Chenopodiaceae* tolerate salinity at this growing stage better than those from *Amaranthaceae*. In plants grown in greenhouse the biomass was lowered when plants were grown in salinity of medium but for some genotypes slight stimulation was recorded in a lower level of salinity. There were great genotypic differences in these responses.

Key words: *Amarantaceae*, *Chenopodiaceae*, NaCl, germination, biomass