

¹Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań, Poland

²Zakład Taksonomii Roślin, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Stanisław Kozłowski¹, Piotr Goliński¹, Waldemar Zielewicz¹,
Marlena Lembicz², Artur Rogowski²

Zmiany składu chemicznego mannicy odstającej
(*Puccinellia distans* L. Parl.) w świetle oddziaływania zasolenia
jako czynnika antropogenicznego

Changes in the chemical composition of spreading meadow-grass (*Puccinellia distans* L. Parl.)
against the influence of salinity as anthropogenic factor

ABSTRACT. The chemical composition of plants depicts soil conditions in which given plants grow. These conditions, however, can be modified by abiotic factors. This function can also be played by sodium chloride. The subject of the present studies was *Puccinellia distans* growing on sites whose salinity was of abiotic nature. The examined sites were situated in the neighbourhood of industrial plants, which use sodium chloride as part of their technological processes and were characterised by an unfavourable influence of this factor. The field experiment in which *Puccinellia distans* was subjected to a controlled influence of sodium chloride in combination with nitrogen was treated as a complementary trial against sites with this grass situated in the vicinity of the above-mentioned industrial plants. Studies on the plant chemical composition were supplemented with soil analyses. The objective of the studies was to find out the extent of modifications of the chemical composition of *Puccinellia distans* plants resulting from the uncontrolled application of sodium chloride.

KEY WORDS: halophytes, sodium chloride, salination, abiotic factor, halophytes chemical composition, soil chemical composition

Puccinellia distans jest halofitem, którego występowanie w naszym kraju zatacza coraz szersze kręgi. Zlokalizowane w pasie nadmorskim naturalne solniska i lokalnie zaznaczające swoją obecność enklawy łąk w stanowiskach zasolo-

nych niewątpliwie nie zwiększają swojej powierzchni [Rutkowski 2002]. Natomiast w dalszym ciągu daje o sobie znać proces zasolenia o antropogenicznym charakterze. Efektem tego procesu są stanowiska samoistnie zasiedlane przez halofity, zwłaszcza *Puccinellia distans*. Innym dowodem rozprzestrzeniania się tego gatunku są pobocza dróg i autostrad, do których odśnieżania używany jest chlorek sodu. Reakcją mannicy odstającej na zasolenie gleby jest zróżnicowany rozwój jej roślin [Lembicz 1998; Kozłowski i in. 2002]. W tej sytuacji zasadne jest poznanie zakresu zmienności występowania składników organicznych i mineralnych w roślinach *Puccinellia distans*, wywołanej oddziaływaniem zasolenia o antropogenicznym charakterze. Poznawanie może dokonywać się na drodze ścisłych badań, o kontrolowanym stopniu zasolenia, oraz przez badania terenowe prowadzone w stanowiskach o trudnym do przewidzenia stopniu zasolenia, spontanicznie zasiedlanych przez halofity, także przez *Puccinellia distans*.

Celem naszych badań jest poznanie na tle warunków glebowych zakresu zmienności składu chemicznego *Puccinellia distans*, pochodzącej ze stanowisk sztucznie zasolonych.

METODY

Prace badawcze prowadzono w latach 2001–2003. Materiał badawczy pochodził przede wszystkim ze stanowisk sztucznie zasolonych, zlokalizowanych w zasięgu oddziaływania Janikowskich Zakładów Sodowych, byłych Zakładów Sodowych Solvay w Krakowie i na terenie Elektrowni „Pomorzany” w Szczecinie. Stanowiska z *Puccinellia distans* były zlokalizowane na obrzeżu tych jednostek, a więc na terenach samoistnie wykluczonych z rolniczego wykorzystania, jak i na gruntach ornych, gdzie wykorzystanie roślin uprawianych stało się niemożliwe ze względu na zahamowanie ich wzrostu i ustępowanie na rzecz zasiedlania powierzchni uprawnych roślinami mannicy odstającej.

Materiał analityczny stanowiła masa nadziemna kęp *Puccinellia distans* z wykłoszonymi pędami generatywnymi oraz wybranych gatunków towarzyszących jej występowaniu, a znajdujących się w takiej samej fazie rozwojowej. W blaszkach liściowych określano zawartość barwników roślinnych – chlorofilowych [Smith, Benitez 1955] i karotenowych [Berger 1953]. W całych roślinach oznaczano zawartość białka ogólnego metodą Kjeldahla, cukrów rozpuszczalnych w wodzie [Dubois i in. 1956], celulozy i lignin [Van Soest, Wine 1968], hemiceluloz [Heyland 1959], azotu azotanowego [Daniłowa 1963], popiołu (metoda wagowa) oraz niektórych składników mineralnych – wapnia i krzemu (metoda miareczkowo-strącaniowa), magnezu i fosforu (metoda wana-

dowo-molibdenowa, potasu i sodu (metoda fotometrii płomieniowej). Do oceny wielkości zmian składu chemicznego wykorzystano współczynnik zmienności (CV), podobnie jak do określenia zmian odczynu i składu chemicznego gleby.

Równoległe do badań nad składem chemicznym roślin prowadzono bowiem paralelne badania jakościowe gleb. Materiał glebowy do analiz pobierano bezpośrednio spod roślin objętych badaniami z warstwy 0–15 cm. W próbach gleby określono odczyn, zawartość przyswajalnego fosforu i potasu metoda Egnera-Riehma, magnezu metoda Schatschabela, węgla wapnia metodą Scheiblera i azotu ogólnego metodą Kieldahla. Określono także konduktywność roztworu glebowego i stężenie chlorku sodu za pomocą konduktometru, Na, K, Cl przy wykorzystaniu metody fotopłomieniowej. Badaniami objęto także wodę z cieków przepływających przez obiekty zasiedlone przez *Puccinellia distans*. W wodzie oznaczono stężenie azotu azotanowego, fosforu, wapnia, magnezu, potasu, sodu, chlorków i siarczanów według powszechnie przyjętych metod analitycznych, a wykorzystanych w innej naszej pracy [Kozłowski i in. 2004].

Badania analityczne wykonano na 96 próbach roślin *Puccinellia distans* i 38 próbach innych komponentów runi, na 73 próbach gleby i 53 próbach wody z cieków otwartych zlokalizowanych na powierzchniach zasiedlonych przez ten halofit. W niniejszym opracowaniu wykorzystano tylko niewielki fragment tych badań.

WYNIKI

Wyniki trzyletnich badań nad składem chemicznym *Puccinellia distans*, rosnącej w warunkach zasolenia o abiotycznym charakterze w ujęciu syntetycznym zamieszczono w tabelach 1 i 2. W świetle uzyskanych danych *Puccinellia distans* wyróżnia się interesującym składem chemicznym, którego cechą charakterystyczną jest niewielka koncentracja celulozy, hemiceluloz, a przede wszystkim lignin. Poziom cukrów uznać należy za przeciętny, natomiast zawartość białka ogólnego z żywieniowego punktu widzenia za odpowiednią. Pochodząca z antropogenicznie zasolonych siedlisk *Puccinellia distans* nie wyróżnia się bogactwem składu mineralnego. Udział wapnia, fosforu, a przede wszystkim magnezu, znacząco odbiega od wartości uznanych jako optymalne w żywieniu zwierząt. Odwrotną sytuację daje się dostrzec w przypadku obecności w roślinach potasu i sodu. Optymalny poziom potasu, to znaczy 1,7% w suchej masie, został przekroczony, lecz tylko nieznacznie, natomiast sodu – trzykrotnie. *Puccinellia distans* kumuluje też niewielkie ilości krzemu oraz azotu azotanowego. Oceniając *Puccinellia distans* pod kątem występowania barwników chlorofilo-

wych i karotenowych, łatwo dostrzec niewielki ich udział w blaszkach liściowych, co stanowi również cechę charakterystyczną tego gatunku.

Tabela 1. Skład chemiczny *Puccinellia distans*
Table 1. Chemical composition of *Puccinellia distans*

Składnik Component	Zawartość Content, g kg ⁻¹ s.m. DM			CV %
	Średnia Mean	Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	
Białko ogólne Crude protein	145,90	62,51	277,52	48
Cukry Sugars	49,20	22,34	97,51	52
Celuloza Cellulose	230,80	153,81	314,04	20
Hemiceluloza Hemicelluloses	246,40	139,12	305,53	22
Ligniny Lignins	28,40	7,53	59,01	52
Popiół surowy Crude ash	72,80	36,33	118,72	31
Wapń Calcium	5,94	2,13	10,35	37
Magnez Magnesium	0,76	0,43	1,03	27
Fosfor Phosphorus	2,22	1,19	3,83	37
Potas Potassium	22,27	11,80	32,30	30
Sód Sodium	6,51	0,30	17,50	86
Krzem Silicium	3,00	1,14	10,38	93
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	0,26	0,003	14,60	235

Tabela 2. Zawartość barwników roślinnych w *Puccinellia distans*
Table 2. Content of plant dyes in *Puccinellia distans*

Składnik Component	Zawartość Content, g kg ⁻¹ s.m. DM			CV %
	Średnia Mean	Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	
Chlorofil <i>a</i> Chlorophyll <i>a</i>	5,74	4,45	9,16	23
Chlorofil <i>b</i> Chlorophyll <i>b</i>	2,10	1,61	3,40	27
Chlorofil (<i>a+b</i>) Chlorophyll (<i>a+b</i>)	7,85	6,06	12,57	24
Suma karotenów Carotene total	0,74	0,57	1,04	20
β -karoten β -carotene	0,32	0,22	0,44	22

Porównując skład chemiczny *Puccinellia distans* pochodzącej z tak specyficznych stanowisk ze składem wykazywanym przez rośliny tego gatunku z łąk naturalnie zasolonych [Kozłowski i in. 2004], stwierdzić należy, że istnieje znaczna różnica w sferze ilościowego występowania składników organicznych i mineralnych. *Puccinellia distans* ze stanowisk sztucznie zasolonych wyróżnia się mniej korzystnym z żywieniowego punktu widzenia składem chemicznym, głównie w sferze białka i lignin. Wykazuje natomiast wyższą żywotność, za czym przemawia ilościowe występowanie barwników chlorofilowych i karotenowych.

Tabela 3. Charakterystyka warunków glebowych zróżnicowanych stanowisk z *Puccinellia distans*Table 3. The profile of soil conditions of different sites with *Puccinellia distans*

Właściwość Property	Średnio Mean	Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	CV %
Zawartość w glebie i jej odczyn Content in soil and reaction				
pH _{KCl}	7,84	7,22	10,22	9
pH _{H2O}	8,01	6,87	10,32	14
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	123,02	22,16	1616,51	380
K ₂ O, mg kg ⁻¹	118,21	24,41	332,13	10
Mg, mg kg ⁻¹	74,33	5,63	279,42	106
NaCl, mg kg ⁻¹	16030,04	4609,01	73224,06	151
N, %	0,17	0,05	1,40	258
CaCO ₃ , %	0,25	0,01	29,04	452
Zawartość w roztworze glebowym Content in soil solution, mg l ⁻¹				
NaCl	5,84	0,88	20,25	95
Na	369,9	6,35	1318,51	109
K	13,71	0,54	71,53	173
Ca	961,02	4,40	3648,03	121
Mg	199,32	3,01	738,27	81
Konduktywność Conductivity, mS cm ⁻¹	9,66	1,16	37,00	124

Tabela 4. Charakterystyka gleby porośniętej przez *Puccinellia distans*
i wolnej od okrywy roślinnejTable 4. The profile of soil overgrown by *Puccinellia distans* and without plants

Właściwość Property	2001		2002	
	bez okrywy roślinnej without plants	spod <i>Puccinellia</i> <i>distans</i> from under <i>Puccinellia</i> <i>distans</i>	bez okrywy roślinnej without plants	spod <i>Puccinellia</i> <i>distans</i> from under <i>Puccinellia</i> <i>distans</i>
Zawartość w glebie i odczyn Content in soil and reaction				
pH _{KCl}	7,57	7,66	7,61	7,69
pH _{H2O}	7,48	7,63	7,54	7,41
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	313,42	317,41	307,35	336,14
K ₂ O, mg kg ⁻¹	52,71	45,50	47,10	62,91
Mg, mg kg ⁻¹	67,11	39,62	72,11	49,30
NaCl, mg kg ⁻¹	11120,01	5740,02	15130,06	6210,00
N, %	0,22	0,13	0,25	0,15
CaCO ₃ , %	0,51	0,26	0,73	0,33
Zawartość w roztworze glebowym Content in soil solution, mg l ⁻¹				
NaCl	11,12	5,74	16,23	12,17
Cl	848,30	404,20	973,20	624,60
Na	683,50	497,30	988,0	878,50
K	21,00	17,10	22,00	12,50
Ca	2421,50	1255,50	3251,50	2779,02
Mg	559,00	197,01	829,10	287,30
Konduktywność Conductivity, mS cm ⁻¹	19,65	10,35	30,25	23,95

Badaniom materiału roślinnego *Puccinellia distans* towarzyszyły badania glebowe. W wyznaczonych stanowiskach, równocześnie ze ścinaniem roślin, do badań analitycznych pobierano próbki gleby spod *Puccinellia distans*. Rezultaty prac z tego zakresu, w syntetycznym ujęciu, przedstawiono w tabeli 3. W odniesieniu do obliczonych średnich można stwierdzić, że gleba z powierzchni zasiedlonych przez *Puccinellia distans* wyróżniała się obojętnym odczynem oraz niewielką koncentracją fosforu, potasu, magnezu, azotu i węglanu wapnia. Wykryty poziom konduktywności wskazuje na duże wysycenie roztworu glebowego jonami objętych badaniami pierwiastków. Dodać należy, że wykazane wielkości parametrów glebowych są mniej sprzyjające rozwojowi *Puccinellia distans* niż na łąkach naturalnie zasolonych [Kozłowski i in. 2004].

Analizując wyniki analityczne materiału roślinnego (tab. 1 i 2), łatwo dostrzec znaczną zmienność w ilościowym występowaniu składników organicznych i mineralnych. Wskazują na to skrajne ilości poszczególnych składników jak i wartości współczynnika zmienności. Niewątpliwie przyczyną takiego stanu są warunki glebowe w sferze oznaczanych parametrów jakościowych (tab. 3). Zarówno w odniesieniu do wartości skrajnych, jak i współczynnika zmienności daje się więc zauważyć wielokrotnie większy zakres zmienności niż w sferze składu chemicznego roślin.

Przedstawiona ocena zmienności glebowej wyprowadzona została na podstawie prób pobranych spod roślin *Puccinellia distans*. Interesująca jest zatem kwestia jakości gleby wolnej od roślinności, niezasiedlonej nawet przez *Puccinellia distans* (tab. 4). Jak się okazuje, czynnikami różnicującymi glebę spod *Puccinellia distans* i glebę niezasiedloną przez roślinność, nawet halofityczną, jest niewątpliwie zawartość chlorku sodu, przekraczająca 11 g kg^{-1} gleby, oraz węglanu wapnia – powyżej 0,5% w glebie i związana z ich występowaniem konduktywność roztworu glebowego.

W poszukiwaniu optymalnych warunków rozwoju *Puccinellia distans* zwrócono uwagę na rozwój roślin, zwieńczony plonem ich masy nadziemnej. Materiał do badań porównawczych uzyskano z terenów przyległych do Zakładów Sodowych w Janikowie. Stwierdzono tutaj obecność płatów z *Puccinellia distans* różniących się wielkością plonu masy nadziemnej pędów. To zróżnicowanie masy dało podstawę do wyodrębnienia dwóch kombinacji porównawczych, określonych jako „sprzyjające” i „niesprzyjające” rozwojowi roślin tego gatunku. Wyniki, które można uznać jako charakterystyczne dla tego zakresu badań, zamieszczono w tabeli 5 i 6.

Rośliny rozwijające się w warunkach sprzyjających rozwojowi *Puccinellia distans* wykształcały plon na poziomie 980 g suchej masy z 1 m^2 , który okazał się trzykrotnie większy w porównaniu z roślinami rosnącymi w warunkach okre-

Tabela 5. Skład chemiczny *Puccinellia distans* rosnącej w warunkach sprzyjających i niesprzyjających rozwojowi roślinTable 5. Chemical composition of *Puccinellia distans* growing in very favourable and unfavourable conditions of plant growth

Składnik Component	Warunki niesprzyjające Unfavourable conditions	Warunki sprzyjające Favourable conditions
Zawartość Content, g kg ⁻¹ s.m. DM		
Białko ogólne Crude protein	163,50	277,53
Cukry Sugars	97,50	25,70
Celuloza Cellulose	208,10	189,80
Hemicelulozy Hemicelluloses	236,70	239,11
Ligniny Lignins	17,10	14,52
Popiół surowy Crude ash	93,02	88,30
Wapń Calcium	9,15	10,02
Magnez Magnesium	6,90	9,60
Fosfor Phosphorus	2,71	3,80
Potas Potassium	22,90	22,60
Sód Sodium	2,83	7,64
Krzem Silicium	2,35	1,72
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	0,44	1,04
Zawartość Content, mg g ⁻¹ s.m. DM		
Chlorofil <i>a</i> Chlorophyll <i>a</i>	5,22	5,34
Chlorofil <i>b</i> Chlorophyll <i>b</i>	1,81	1,86
Chlorofil (<i>a+b</i>) Chlorophyll (<i>a+b</i>)	7,03	7,21
β -karoten β -carotene	0,24	0,31
Karoten suma Carotene total	0,43	0,65

Tabela 6. Charakterystyka warunków glebowych sprzyjających i niesprzyjających rozwojowi *Puccinellia distans*Table 6. The profile of soil conditions – very favourable and unfavourable conditions of *Puccinellia distans* growth

Właściwość Property	Warunki niesprzyjające Unfavourable conditions	Warunki sprzyjające Favourable conditions
Zawartość w glebie i odczyn Content in soil and reaction		
pH _{KCl}	7,45	7,26
pH _{H₂O}	7,69	7,73
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	126,51	47,83
K ₂ O, mg kg ⁻¹	160,80	324,50
Mg, mg kg ⁻¹	99,62	30,13
NaCl, mg kg ⁻¹	73224,00	6914,00
N, %	0,11	0,07
CaCO ₃ , %	1,51	0,17
Zawartość w roztworze glebowym Content in soil solution, mg l ⁻¹		
NaCl	12,50	2,57
Na	174,21	174,23
K	7,68	7,62
Ca	859,22	846,37
Mg	738,20	200,52
Konduktywność Conductivity, mS cm ⁻¹	23,83	5,25

ślonych mianem „mniej sprzyjających” rozwojowi tego gatunku, co wynika z dodatkowo wykonanych oznaczeń. Ponadto wyróżniały się (tab. 5) większą zawartością białka (o około 70%), składników mineralnych – wapnia (7%), magnezu (39%), fosforu (40%) a przede wszystkim sodu – o blisko 170%. Niższa koncentracja celulozy, lignin i krzemu może mieć istotne znaczenie dla wartości pokarmowej takich roślin. Uwagę zwraca także duża różnica w zawartości cukrów. Jak wiadomo, rośliny rozwijające się dynamicznie nie odkładają bowiem tego składnika, lecz wykorzystują w procesach metabolicznych. Porównując warunki glebowe (tab. 6), łatwo dostrzec, że większa zawartość azotu, potasu i magnezu zapewne sprzyjała rozwojowi roślin. Otwarta pozostaje sprawa, w jakim stopniu *Puccinellia distans*, rosnąca w tym stanowisku, tolerowała tak wysoką koncentrację chlorku sodu i węglanu wapnia. Wyniki badań z tego zakresu umożliwiają stwierdzenie, że *Puccinellia distans* odznacza się bardzo wysoką odpornością na zasolenie, skoro przy koncentracji około 73 g NaCl w 1 kilogramie możliwa jest jeszcze wegetacja roślin tego halofitu. Warto zaznaczyć, że we wcześniejszych badaniach wykazaliśmy, że *Puccinellia distans* dobrze się rozwija przy zasoleniu na poziomie 5–10 g kg⁻¹ gleby, natomiast nie zasiedla się, jeżeli stężenie przekracza 10 g kg⁻¹ gleby [Kozłowski i in. 2003].

Dobrym obiektem dla tego kierunku badań był inny kompleks graniczący z Zakładami Sodowymi w Janikowie. Można było w nim wyodrębnić trzy strefy. Obok powierzchni niezasiedlonej nawet przez halofilną mannicy pojawiła się strefa z dobrze wyrosniętymi roślinami *Puccinellia distans* oraz strefa z drobnymi kępami tego gatunku, przemieszany z roślinami *Agropyron repens*. Wyniki badań z tego zakresu, to znaczy gleby i roślinności, pochodzące z roku 2002, zamieszczono w tabelach 7 i 8. Można je również uznać za charakterystyczne dla tego kierunku badań.

Co do gleby (tab. 7) wydzielone strefy wyróżniały się przede wszystkim zawartością chlorku sodu, węglanu wapnia oraz konduktywnością. Stanowiska wykazujące się konduktywnością na poziomie 30,25 mS cm⁻¹ oraz obecnością blisko 20 g NaCl w 1 kg gleby okazały się niemożliwe do zasiedlenia nawet przez *Puccinellia distans*. W pozostałych strefach gleba wykazywała niższe wartości uwzględnianych w badaniach parametrów, co stwarzało możliwość osiedlenia się oraz rozwoju roślin tego halofitu. Jednakże kondycja roślin była, jak już podkreślono wcześniej, zróżnicowana. Jak wynika z dokonanych pomiarów, plon masy nadziemnej roślin wyrosniętych wynosił 225 g suchej masy z 1 m², a drobnych roślin 83 g. Konfrontując kondycje roślin, ich skład chemiczny i warunki glebowe, daje się zauważyć, że także zbyt niskie stężenie chlorku sodu i węglanu wapnia nie sprzyja rozwojowi *Puccinellia distans*. Dla tego halofitu istnieje więc optymalny zakres parametrów glebowych,

Tabela 7. Charakterystyka warunków glebowych wybranych stref roślinnych
Table 7. The profile of soil conditions in selected plant zones

Właściwość Property	Strefa bez roślinności Zone without plants	Strefa z <i>Puccinellia distans</i> Zone with <i>Puccinellia distans</i>	Strefa z <i>Puccinellia distans</i> i <i>Agropyron repens</i> Zone with <i>Puccinellia distans</i> and <i>Agropyron repens</i>
Zawartość w glebie i jej odczyn Content in soil and reaction			
pH _{KCl}	7,61	7,63	7,63
pH _{H₂O}	7,54	7,41	7,51
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	307,30	336,11	312,02
K ₂ O, mg kg ⁻¹	47,11	62,90	24,41
Mg, mg kg ⁻¹	172,10	149,30	157,63
NaCl, mg kg ⁻¹	19071,00	1534,60	613,36
N, %	0,25	0,30	0,21
CaCO ₃ , %	1,13	0,93	0,75
Zawartość w roztworze glebowym Content in soil solution, mg l ⁻¹			
NaCl	16,23	12,47	8,00
Na	989,00	878,50	716,00
K	2,09	2,51	0,54
Ca	3251,50	2779,00	1691,50
Konduktywność Conductivity, mS cm ⁻¹	30,25	23,95	16,45

Tabela 8. Skład chemiczny roślin w strefach o zróżnicowanych warunkach glebowych
Table 8. Chemical composition of plants in zones with diverse soil conditions

Składnik Component	Strefa z <i>Puccinellia distans</i> Zone with <i>Puccinellia distans</i>	Strefa z <i>Puccinellia distans</i> i <i>Agropyron repens</i> Zone with <i>Puccinellia distans</i> and <i>Agropyron repens</i>	
	<i>Puccinellia distans</i>	<i>Puccinellia distans</i>	<i>Agropyron repens</i>
Zawartość Content, g kg ⁻¹ s.m. DM			
Białko ogólne Crude protein	160,60	236,23	133,72
Cukry Sugars	30,90	40,31	77,85
Celuloza Cellulose	153,81	200,00	233,51
Hemiceluloza Hemicelluloses	276,30	233,27	225,00
Ligniny Lignins	16,32	14,43	13,62
Popiół surowy Crude ash	75,03	80,66	79,00
Wapń Calcium	8,35	6,95	6,21
Magnez Magnesium	0,85	0,90	0,70
Fosfor Phosphorus	2,84	3,57	2,25
Potas Potassium	30,00	32,30	4,80
Sód Sodium	7,10	7,60	1,90
Krzem Silicum	1,30	1,14	1,44
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	0,05	1,46	0,51
Zawartość Content, mg g ⁻¹ s.m. DM			
Chlorofil <i>a</i> Chlorophyll <i>a</i>	4,458	5,331	3,051
Chlorofil <i>b</i> Chlorophyll <i>b</i>	1,610	2,006	1,506
Chlorofil (<i>a+b</i>) Chlorophyll (<i>a+b</i>)	6,068	7,337	4,557
β -karoten β -carotene	0,226	0,374	0,224
Suma karotenów Carotene total	0,578	1,044	0,587

niewątpliwie odmienny od *Agropyron repens*, co wynika z analiz perzu i gleby, którą zasiedlał.

Podobny układ warunków glebowych stwierdzono w następnym roku badań – 2003, chociaż różnice w wartościach bezwzględnych poszczególnych parametrów były znaczne. Wiąże się to niewątpliwie ze zróżnicowanym zasoleniem wód wychodzących poza granice Zakładów Przemysłowych do cieków przepływających przez tereny zasiedlone przez marnicę odstającą. Pewnym dowodem mogą być wyniki zamieszczone w tabeli 9.

Tabela 9. Skład chemiczny wody cieków na powierzchni zasiedlonej przez *Puccinellia distans*

Table 9. Chemical composition of water-course occupied by *Puccinellia distans*

Właściwość Property	Rok Year		
	2001	2002	2003
	mg l ⁻¹		
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	7,25	7,11	6,90
Magnez Magnesium	321,42	316,29	303,10
Wapń Calcium	13687,10	13421,00	13299,00
Potas Potassium	231,00	102,20	140,20
Sód Sodium	9245,00	9357,00	7653,60
Żelazo Iron	2,21	1,05	1,210
Mangan Manganese	6,23	7,55	6,79
Cynk Zinc	0,40	0,27	0,36
Miedź Copper	0,24	0,17	0,19
Ołów Lead	5,46	2,00	2,03
Kadm Cadmium	0,61	0,40	0,46
Chlorki Chlorides	69959,39	60312,50	66660,00
Siarczany Sulphates	128,00	102,70	135,20

Wyniki badań analitycznych materiału roślinnego (tab. 8) wskazują na zróżnicowaną reakcję gatunków roślin na zasolenie. Warunki, jakie zaistniały w strefie zasiedlonej przez *Puccinellia distans*, były bardziej sprzyjające dla holofitu, na co wskazuje skład chemiczny roślin, zwłaszcza zawartość barwników i białka. Natomiast w składzie chemicznym roślin *Puccinellia distans*, pochodzących ze strefy zasiedlonej przez ten gatunek i przez *Agropyron repens*, uwagę zwraca wysoka koncentracja cukrów i niewielki udział potasu.

Innym, zapewne charakterystycznym obiektem badań porównawczych były tereny przylegające do elektrowni „Pomorzany” w Szczecinie. Zasadową glebę (pH_{KCl} 8,91) o niewielkim zasoleniu (0,5 mg kg⁻¹), zasobną w fosfor (281,7 mg), potas (165,5 mg), magnez (187,4 mg kg⁻¹ gleby) o niskiej konduktywności roztworu glebowego (1,26 mS cm⁻¹) spowodowanej niedużym stężeniem chlorku sodu (32,4 mg) i węglanu wapnia (86,6 mg kg⁻¹ gleby) porastała nie tylko *Puccinellia distans*, lecz również *Arrhenatherum elatius* i *Poa pratensis*, które uznać

Tabela 10. Skład chemiczny roślinnych komponentów runi
Table 10. Chemical composition of plant components of meadow sward

Właściwość Property	<i>Puccinellia distans</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>
Zawartość Content, g kg ⁻¹ s.m. DM			
Białko ogólne Crude protein	106,20	81,91	134,42
Cukry Sugars	59,20	46,20	30,52
Celuloza Cellulose	299,90	200,00	218,40
Hemiceluloza Hemicelluloses	265,40	266,60	224,00
Ligniny Lignins	30,30	12,20	21,30
Popiół surowy Crude ash	65,30	91,60	69,30
Wapń Calcium	3,34	7,35	4,09
Magnez Magnesium	1,73	0,60	1,18
Fosfor Phosphorus	2,24	3,42	02,63
Potas Potassium	38,70	20,40	36,10
Sód Sodium	1,20	2,90	0,70
Krzem Silicum	2,05	2,74	4,56
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	0,32	0,03	0,12
Zawartość Content, mg g ⁻¹ s.m. DM			
Chlorofil <i>a</i> Chlorophyll <i>a</i>	9,16	2,57	5,08
Chlorofil <i>b</i> Chlorophyll <i>b</i>	3,40	0,94	2,08
Chlorofil (<i>a+b</i>) Chlorophyll (<i>a+b</i>)	12,57	3,51	7,16

należy za dominanty runi. Analizując skład chemiczny tych traw (tab. 10), stwierdzić należy, że w takich warunkach najlepiej rozwijała się *Puccinellia distans*. Warunki glebowe tego stanowiska tolerował też *Arrhenatherum elatius*. Niewątpliwie świadczy o tym bardzo wysokie stężenie barwników chlorofilowych. Poziom białka i kompleksu węglowodanowo-ligninowego dowodzi, że gatunek ten jako wcześniejszy osiągnął w momencie analizowania stadium generatywne. Natomiast nie sprzyjały one *Poa pratensis*, czego dowodem był bardzo niski poziom barwników chlorofilowych, niespotykany u tej nitrofilnej przeciw trawy. Indywidualna reakcja gatunków na zasolenie godna jest podkreślenia. Zaznaczyła też ona swoją obecność w naszych wcześniejszych badaniach [Kozłowski i in. 2004].

WNIOSKI

1. Zasolenie jest czynnikiem silnie modyfikującym skład chemiczny *Puccinellia distans*, zwłaszcza w sferze ilościowego występowania białka ogólnego, cukrów rozpuszczalnych w wodzie, lignin, składników mineralnych, a w mniejszym stopniu celulozy, hemiceluloz, barwników chlorofilowych i karotenowych.

2. Zakres zmian składu chemicznego *Puccinellia distans* jest determinowany bardzo dużą zmiennością warunków glebowych, przede wszystkim w odniesieniu do chlorku sodu i węgla wapnia w glebie oraz konduktywności roztworu glebowego.

3. Odczyn gleby, zawartość chlorku sodu a także węglanu wapna oraz konduktywność roztworu glebowego stanowią ważne kryterium oceny gleby w aspekcie jej przydatności do zasiedlania przez *Puccinellia distans*.

4. Obecność chlorku sodu w ilościach powyżej 10 g w 1 kg gleby można uznać za wartość uniemożliwiającą jej zasiedlenie przez *Puccinellia distans*. Natomiast stężenie tej soli w granicach 5–10 g w 1 kg można przyjąć jako zbliżone do optymalnego zgodnego z wymaganiami tego halofitu.

5. *Puccinellia distans* odznacza się bardzo dużą odpornością na zasolenie gleby. Niekiedy nawet przy 73 gramach chlorku sodu w 1 kg gleby możliwa jest wegetacja roślin tego gatunku.

6. Czynnikiem ograniczającym wykorzystywanie *Puccinellia distans* jako trawy darniotwórczej stanowisk sztucznie zasolonych jest brak materiału siewnego na rynku nasiennym. Z tego powodu konieczne jest podjęcie prac badawczych nad nasiennictwem *Puccinellia distans*, a w konsekwencji – produkcji nasion.

PIŚMIENNICTWO

- Berger S. 1953. Metoda ilościowego oznaczania β -karotenu (prowitamina A) i sumy karotenów w niektórych produktach roślinnych. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 4, 473–479.
- Daniłowa C. 1963. Opredielenie nitratov v rastitelnom materiale. Fizjologia Rastieni, 4, 46–59.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Robers P.A., Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytic Chemistry 28, 3, 350–356.
- Heyland K.U. 1959. Der Verlauf der Einlagerung von Gerüstsubstanzen und andern Kohlenhydraten in den Spross von Weizen und Roggen zwischen Ahrenschieben und Todreife. Z. für Acker und Pflanzenbau 108, 4, 473–496.
- Lembicz M. 1998. Life history of *Puccinellia distans* L. Parl. (*Poaceae*) in the colonisation of anthropogenic habitats. Archivum Geobotanicum 10, 7, 1–32.
- Kozłowski S., Goliński P., Golińska B., Szewczyk W., Zielewicz W. 2002. Variations in chemical composition of *Puccinellia distans* (L.). Schriftenreihe der Fachhochschule Neubrandenburg, Reihe A, 18, 274–279.
- Kozłowski S., Goliński P., Zielewicz W., Szewczyk W. 2003. Soil chemical properties as factors determining chemical composition and occurrence of *Puccinellia distans*. In: L. Frey (ed.) Problems of grass biology. Institute of Botany, Kraków, 321–327.
- Kozłowski S., Goliński P., Zielewicz W. 2004. Właściwości chemiczne *Puccinellia distans* jako trawy pastwnej. Prace z Zakresu Nauk Rolniczych PTPN, (w druku).
- Smith J.H.C., Benitez A. 1955. Chlorophylls: analysis in plant materials. In Peach K., Tracey M.V. (eds) Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Band 4, Verlag Springer, Berlin, 142–196.
- Rutkowski L. 2002. Trawy niżu. W: Polska Księga Traw, L. Frey (red.). Instytut Botaniki PAN, Kraków, 167–185.
- Van Soest P.J., Wine R.H. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. Journal AOAC 51, 4, 780–785.

Praca stanowi rezultat międzyuczelnianych badań częściowo sfinansowanych przez Akademię Rolniczą im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu i Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.