

REAKCJA RUDBEKII (*Rudbeckia hirta* L.) NA DODATEK EKOSORBU POTASOWEGO DO GLEBY W WARUNKACH JEJ ZASOLENIA

Edward Borowski

Katedra Fizjologii Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Rudbeckia należy do roślin coraz powszechniej sadzonych na rabatach i kwietnikach polskich miast. Jest to roślina, która dobrze rośnie w każdej glebie, byleby zawierała ona dostateczną ilość wilgoci. Ponieważ jednak ciągle używa się w okresie zimowym chlorku sodu dla likwidacji śliskości pośniegowej, gleby na rabatach i zieleńcach wzdłuż ciągów komunikacyjnych wykazują zwykle objawy zasolenia. W takim środowisku wyraźnie obniża się potencjał wody, wobec czego nawet przy normalnym rozkładzie opadów atmosferycznych rośliny wykazują trudności w pobieraniu H_2O z podłoża. Wywołuje to spadek potencjału wody w ksylemie liści, obniżenie ich przewodności szparkowej, fotosyntezy, transpiracji, a także produkcji biomasy w częściach nadziemnych i korzeniach [MARLER, ZOZOR 1996; MICKELBART, MARLER 1996; De HERRALDE i in. 1998]. Wydaje się, że pewnym rozwiązaniem mogłoby być stosowanie tzw. hydrożeli określanych potocznie superabsorbentami. Związki te charakteryzują się niezwykle wysokimi zdolnościami absorbowania wody [JOHNSON, LEACH 1990; BOROWSKI, MICHAŁEK 1998; BOROWSKI, MAKOWSKA 2000], co znacznie zwiększa retencję wody poprzez wiązanie wody wolnej, ograniczenie jej migracji do głębszych warstw i parowania z powierzchni gruntu [HELALIA i in. 1992; HETMAN, MARTYN 1996]. W rezultacie więc dodatek hydrożeli wywiera wpływ na przewodność szparek w liściach, przebieg procesu fotosyntezy i transpiracji [BOROWSKI, MICHAŁEK 1998; TRIPEPI i in. 1991], a także produkcję biomasy i kwitnienie roślin [HETMAN, DURLAK 1998; SZOT 1998; BOROWSKI, MAKOWSKA 2000; BOROWSKI i in. 2000].

Hydrozele wykazują ogromną chłonność w stosunku do wody zdeminieralizowanej. Obecność elektrolitów, których jony reagują z grupami funkcyjnymi polimeru znacznie obniża chłonność superabsorbentów [HETMAN i in. 1998; MYERS, MITCHELL 1998]. Ponieważ NaCl jest mocnym elektrolitem, niewątpliwie w warunkach zasolenia tą solą chłonność hydrożeli w stosunku do wody obniży się i trudno określić w jakim stopniu ich dodatek poprawi dostępność wody dla roślin. Celem zatem przeprowadzonych badań było określenie stosunków wodnych, przebiegu fotosyntezy i transpiracji, a także wzrostu i kwitnienia roślin jako reakcji na zasolenie chlorkiem sodu w warunkach zastosowania Ekosorbu potasowego.

Materiał i metody

Prezentowane badania obejmują 2 doświadczenia przeprowadzone w roku 2001, tj. doświadczenie wazonowe i polowe. Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w hali vegetacyjnej AR w Lublinie w okresie od 9 maja do 16 lipca, zaś doświadczenie polowe w prywatnym gospodarstwie położonym w Wierchowiskach k. Lublina w terminie od 10 maja do 28 lipca. W doświadczeniu wazonowym rozsadę rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.) w fazie 2 par liści właściwych zapikowano po 1 roślinie do wazonów o pojemności 3 dm³ napełnionych ziemią uniwersalną bądź ziemią uniwersalną z dodatkiem 1 lub 3 g Ekosorbu potasowego na dm³ gleby. Następnie przy użyciu dodatkowych wazonów określono pełną pojemność wodną (ppw.) przygotowanych podłoży w stosunku do wody wodociągowej. Każda z 3 serii doświadczalnych liczyła po 24 wazonów, w obrębie których zastosowano 3 poziomy zasolenia NaCl: I – 0 (bez NaCl), II – 1500 mg·dm⁻³, III – 3000 mg·dm⁻³. Chlorek sodu podano roślinom w formie roztworu wodnego w 4 dawkach. W trakcie prowadzenia doświadczenia rośliny podlewano do określonej masy wazonów utrzymując wilgotność podłoża na poziomie 70% ppw.

Doświadczenie polowe założono na glebie płowej, wytworzonej z utworów lessowych położonych na marglach kredowych. Na poletkach o pow. 1 m² wysadzano po 10 roślin doświadczalnych. Przed wysadzeniem roślin z powierzchni poletek wybrano glebę z warstwy o grubości 15 cm, określono jej objętość, a następnie wymieszano ją z Ekosorbem podając 0, 1 lub 3 g na 1 dm³ gleby. Po wymieszaniu i napełnieniu poletek obficie je nawodniono podając ok. 100 cm³ wody na każdy gram dodanego hydrożelu. W trakcie dalszej vegetacji rośliny korzystały wyłącznie z opadów atmosferycznych. Chlorek sodu w analogicznych stężeniach jak w doświadczeniu wazonowym podano drogą 4-krotnego podlania roślin. Jednostką eksperymentalną była pojedyncza roślina; seria w doświadczeniu wazonowym liczyła 8, zaś polowym 10 powtórzeń.

W okresie pełni kwitnienia roślin w obu doświadczeniach wykonano pomiary deficytu wody w liściach i przebiegu w nich wymiany gazowej, a także oznaczono wartość potencjału wody w ksylemie szypułek kwiatowych. Deficyt wody określono w krążkach liści pobranych w godzinach południowych ze środkowej części pędu, posługując się metodą podaną w pracy KOŚCIELNIAK i in. [1989]. Wymianę gazową roślin oznaczono przy pomocy przenośnego gazoanalyzeru LCA 4 firmy ADC (Anglia), obejmowała ona analizę przewodności szparkowej liści dla pary wodnej, fotosyntezy i transpiracji. Pomiary prowadzono przy napromienieniu w zakresie PAR 1500–1700 μmol·m⁻²·s⁻¹ i temperaturze w komorze pomiarowej 30–32°C. Potencjał wody w szypułkach w pełni rozwiniętych kwiatów oznaczono przy użyciu aparatu PMS (USA). W oparciu o dane dotyczące fotosyntezy i transpiracji wyliczono wartość współczynnika wykorzystania wody (WUE). W pracy przedstawiono tylko wyniki pomiarów przeprowadzonych w doświadczeniu wazonowym, ponieważ wyniki uzyskane w doświadczeniu polowym nie różniły się statystycznie. Po 10 tygodniach wzrostu roślin w doświadczeniu wazonowym i 12 tygodniach w doświadczeniu polowym określono liczbę wytworzonych kwiatów na roślinach, a następnie doświadczenia zlikwidowano. W trakcie likwidacji oznaczono świeżą masę części nadziemnych roślin i korzeni. Wyniki analiz i pomiarów poddano weryfikacji statystycznej przy pomocy podwójnej klasyfikacji krzyżowej i półprzedziałów ufności Tukey'a oznaczonych w pracy jako wartości NIR dla A – dawek Ekosorbu, B – dawek NaCl i A × B – współdziałania czynników.

Wyniki

Wyniki uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu wazonowym wykazały, że dodatek Ekosorbu do ziemi uniwersalnej miał istotny wpływ na stosunki wodne w roślinach rudbekii. Rośliny kontrolne (bez Ekosorbu) wykazywały najniższy potencjał wody w ksylemie szypulek kwiatowych ($-1,12$ MPa). Dodatek do gleby Ekosorbu niezależnie od stanu zasolenia podłoża wpłynął na wyraźny wzrost potencjału wody w analizowanych organach. W podobnym stopniu jak potencjał wody zmieniał się w warunkach przeprowadzonego doświadczenia deficyt wody w blaszkach liściowych roślin. Był on wysoki w roślinach pozbawionych hydrożelu w podłożu (24,9%), a istotnie niższy w roślinach korzystających z dawki 1 lub 3 $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża (średnio 22,1%). Dodatek Ekosorbu do podłoża nie miał natomiast wpływu na przewodność szparkową liści dla pary wodnej (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Wpływ dodatku Ekosorbu potasowego do ziemi uniwersalnej na wartość potencjału wody w szypułkach kwiatowych, deficytu wody w blaszkach liściowych oraz przewodność szparkową liści rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.) rosnącej w warunkach zasolenia NaCl

The effect of the addition of potassium Ekosorb to universal soil on water potential value in flower stalks, water deficit in leaf blades as well as stomatal conductance of *Rudbeckia hirta* L. leaves grown in the conditions of NaCl salinity

Dawki Ekosorbu Ekosorb rates ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) A	Potencjał wody Water potential (MPa)				Deficyt wody Water deficit (%)				Przewodność szparkowa Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)			
	dawki NaCl w $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; NaCl rates in $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ – B											
	0	1500	3000	\bar{x} A	0	1500	3000	\bar{x} A	0	1500	3000	\bar{x} A
0	-0,80	-1,21	-1,35	-1,12	20,5	25,8	28,4	24,9	0,30	0,11	0,05	0,15
1	-0,87	-0,99	-1,09	-0,98	20,9	22,8	23,2	22,3	0,20	0,17	0,09	0,15
3	-0,84	-1,04	-1,19	-1,02	20,6	22,9	22,6	22,0	0,20	0,18	0,10	0,16
\bar{x} B	-0,84	-1,08	-1,21	-	20,7	23,8	24,7	-	0,23	0,15	0,08	-
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	A = 0,11 B = 0,11 A × B = r.n.				A = 1,88 B = 1,88 A × B = r.n.				A = r.n. B = 0,03 A × B = 0,06			

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

W większym stopniu niż na dodatek hydrożelu reagowały rośliny doświadczalne na stan zasolenia podłoża. Najwyższy potencjał wody w ksylemie wykazywały rośliny korzystające z podłoża pozbawionego NaCl, stężenie soli 1500 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ wpłynęło na ponad 28%, a stężenie 3000 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ na 40% spadek potencjału wody. Podobnie w warunkach przeprowadzonego doświadczenia kształtował się deficyt wody w blaszkach liściowych. Rośliny korzystające z podłoża bez NaCl wykazywały średnio 20,7% wartość deficytu, zaś rosnące przy stężeniu soli 1500 i 3000 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, istotnie wyższą wartość deficytu wynoszącą odpowiednio 23,8 i 24,7%. Zróżnicowane zasolenie podłoża wywierało wpływ na przewodność szparkową liści dla pary wodnej, była ona najwyższa u roślin kontrolnych, o 8 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ niższa przy mniejszym stopniu zasolenia i aż o 15 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ niższa przy wyższym stopniu zasolenia (tab. 1).

Tabela 2 przedstawia wpływ dodatku Ekosorbu w warunkach zasolenia podłoża na tempo procesu fotosyntezy i transpiracji roślin. Najintensywniej wiązały CO_2 rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem Ekosorbu $1 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Brak hydrożelu, a także wyższa jego zawartość w istotnym stopniu obniżały tempo fotosyntezy roślin. Proces transpiracji wody z liści roślin rosnących w podłożu bez hydrożelu i z dodatkiem niższej jego dawki praktycznie nie różnił się. Dopiero dodatek Ekosorbu $3 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ wpłynął na istotny spadek tempa utraty wody. Wyraźniej niż hydrożel na przebieg wymiany gazowej w liściach roślin wpływało zasolenie podłoża. Najintensywniej bowiem asymilowały CO_2 rośliny kontrolne ($0 \text{ mg NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$), rośliny rosnące przy stężeniu $1500 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ wykazywały blisko 33% spadek fotosyntezy, zaś rosnące przy stężeniu $3000 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, ponad 46% spadek. W podobnym stopniu zasolenie, niezależnie od dawki hydrożelu obniżało intensywność transpiracji. Rośliny rosnące przy niższym zasoleniu wykazywały w stosunku do kontrolnych 30%, zaś rosnące przy wyższym zasoleniu ponad 47% spadek transpiracji.

Tabela 2; Table 2

Wpływ dodatku Ekosorbu potasowego do ziemi uniwersalnej na tempo przebiegu procesu fotosyntezy i transpiracji oraz wartość współczynnika wykorzystania wody (WUE) przez rośliny rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.) rosnące w warunkach zasolenia NaCl

The effect of the addition of potassium Ekosorb to universal soil on the rate of photosynthesis and transpiration process as well as water use efficiency (WUE) value by *Rudbeckia hirta* L. plants grown in the conditions of NaCl salinity

Dawki Ekosorbu Ekosorb rates ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) A	Fotosynteza Photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)				Transpiracja Transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)				WUE: ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)			
	dawki NaCl w $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; NaCl rates in $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ - B											
	0	1500	3000	× A	0	1500	3000	× A	0	1500	3000	× A
0	6,64	3,14	2,10	3,96	3,46	1,83	1,36	2,22	1,92	1,71	1,54	1,72
1	5,75	4,86	4,11	4,91	2,94	2,30	1,89	2,38	1,95	2,11	2,17	2,08
3	4,87	3,59	3,10	3,85	2,41	2,04	1,40	1,95	2,02	1,76	2,21	2,00
× B	5,75	3,86	3,10	-	2,94	2,06	1,55	-	1,96	1,86	1,97	-
NIR _{0.05} dla: I.SD _{0.05} for:	A = 0,35 B = 0,35 A × B = 0,81				A = 0,25 B = 0,25 A × B = 0,59				A = 0,30 B = n.i.; n.s. A × B = 0,75			

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Efektywność wykorzystania wody w procesie wiązania CO_2 była najwyższa u roślin rosnących w podłożu z niższą dawką hydrożelu. Dodatek do podłoża trzykrotnie wyższej dawki hydrożelu, a w jeszcze większym stopniu jego brak, wywoływał spadek wartości współczynnika WUE, który wynosił odpowiednio 3,9% i 17,3%. Zasolenie nie wywierało wpływu na wartość współczynnika wykorzystania wody w roślinach rudbekii (tab. 2).

Wyniki pomiarów dotyczące stosunków wodnych i przebiegu wymiany gazowej w roślinach prowadzonych w doświadczeniu polowym wykazały brak istotnego wpływu dodatku Ekosorbu i zasolenia podłoża, dlatego zostały pominięte w przedstawionej pracy.

Zróżnicowana zawartość wody w doświadczeniu wazonowym i polowym

związana z zastosowaniem Ekosorbu i zasoleniem podłoża w różny sposób wpłynęła na wzrost i kwitnienie roślin. W doświadczeniu wazonowym, niezależnie od stopnia zasolenia podłoża, najmniej kwiatów wytworzyły rośliny w podłożu bez hydrożelu (11,9 szt.·roślina⁻¹), o 6,7% więcej rośliny korzystające z niższej dawki i o 36,1% rośliny korzystające z wyższej dawki Ekosorbu. Rośliny niekorzystające z Ekosorbu wydały także najniższy plon biomasy zarówno części nadziemnych, jak i korzeni. Dodatek do gleby niższej dawki hydrożelu wpłynął na zwiększenie biomasy liści i kwiatostanów roślin o 12,5%, a korzeni o 92,6%. Natomiast 3-krotnie zwiększona dawka hydrożelu wpłynęła w stosunku do dawki podstawowej na wzrost

Tabela 3; Table 3

Wpływ dodatku Ekosorbu potasowego do ziemi uniwersalnej i gleby płowej na liczbę kwiatów wytworzonych na roślinach rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.) rosnących w warunkach zasolenia NaCl (szt.·roślina⁻¹)

The effect of the addition of potassium Ekosorb to universal soil and grey-brown podzolic soil on the number of flower produced on *Rudbeckia hirta* L. plants grown in the conditions of NaCl salinity (pieces·plant⁻¹)

Dawki Ekosorbu Ekosorb rates (g·dm ⁻³) A	Doświadczenie wazonowe Pot experiment				Doświadczenie polowe Field experiment			
	dawki NaCl w mg·dm ⁻³ ; NaCl rates in mg·dm ⁻³ – B							
	0	1500	3000	\bar{x} A	0	1500	3000	\bar{x} A
0	14,6	11,6	9,6	11,9	9,5	10,6	8,5	9,5
1	14,8	12,8	10,6	12,7	10,8	11,2	9,4	10,5
3	17,6	13,5	17,6	16,2	9,2	10,4	9,6	9,7
\times B	15,7	12,6	12,6	–	9,8	10,7	9,2	–
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	A = 2,04 B = 2,04 A × B = r.n.				A = r.n. B = r.n. A × B = r.n.			

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 4; Table 4

Wpływ dodatku Ekosorbu potasowego do ziemi uniwersalnej i gleby płowej na masę części nadziemnej roślin rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.) rosnących w warunkach zasolenia NaCl (g·roślina⁻¹)

The effect of the addition of potassium Ekosorb to universal soil and grey-brown podzolic soil on the mass of top parts of *Rudbeckia hirta* L. plants grown in the conditions of salinity NaCl (g·plant⁻¹)

Dawki Ekosorbu Ekosorb rates (g·dm ⁻³) A	Doświadczenie wazonowe Pot experiment				Doświadczenie polowe Field experiment			
	dawki NaCl w mg·dm ⁻³ ; NaCl rates in mg·dm ⁻³ – B							
	0	1500	3000	\bar{x} A	0	1500	3000	\bar{x} A
0	84,8	67,8	45,8	66,1	120,3	108,5	95,5	108,1
1	95,8	73,8	53,7	74,4	115,4	112,8	114,6	114,3
3	105,2	77,8	70,4	84,5	118,7	110,2	110,9	113,3
\times B	95,3	73,1	56,6	–	118,1	110,5	107,0	–
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	A = 15,42 B = 15,42 A × B = r.n.				A = r.n. B = r.n. A × B = r.n.			

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 5; Table 5

Wpływ dodatku Ekosorbu potasowego do ziemi uniwersalnej i gleby płowej na masę korzeni roślin rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.) rosnących w warunkach zasolenia NaCl (g-roślina⁻¹)

The effect of the addition of potassium Ekosorb to universal soil and grey-brown podzolic soil on the mass of roots of *Rudbeckia hirta* L. plants grown in the conditions of salinity NaCl (g·plant⁻¹)

Dawki Ekosorbu Ekosorb rates (g·dm ⁻³) A	Doświadczenie wazonowe Pot experiment				Doświadczenie polowe Field experiment			
	dawki NaCl w mg·dm ⁻³ ; NaCl rates in mg·dm ⁻³ – B							
	0	1500	3000	∞ A	0	1500	3000	∞ A
0	22,4	11,3	7,0	13,6	25,3	22,7	20,2	22,7
1	27,2	27,5	23,8	26,2	24,5	23,9	22,4	23,6
3	37,5	27,1	25,1	29,9	25,1	24,7	23,6	24,5
∞ B	29,0	22,0	18,6	–	25,0	23,8	22,1	–
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	A = 6,9 B = 6,9 A × B = r.n.				A = r.n. B = r.n. A × B = r.n.			

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

biomasy części nadziemnych o 27,8%, a korzeni o 119,8%. Również zasolenie podłoża wywierało wpływ na kwitnienie roślin i wysokość plonu biomasy. Rośliny wyrosłe w warunkach zasolenia, niezależnie od jego stopnia, wydały średnio o 19,8% mniej kwiatów niż rośliny kontrolne. Świeża masa natomiast części nadziemnych rudbekii wyrosłej przy zasoleniu 1500 mg·dm⁻³ była o 23,3% niższa, zaś przy zasoleniu 3000 mg·dm⁻³ o 40,6% niższa od plonu roślin kontrolnych, odpowiednie dane dla plonu korzeni wynoszą 24,1% i 35,9%. Doświadczenie prowadzone w warunkach polowych nie wykazało istotnego wpływu dodatku Ekosorb do gleby, jak również jej zasolenia na liczbę wytworzonych kwiatów na roślinach, a także na wysokość plonu biomasy części nadziemnych i korzeni (tab. 3, 4 i 5).

Dyskusja

Wyniki uzyskane w doświadczeniu wazonowym wykazały, że zasolenie podłoża niezawierającego hydrożelu miało wyraźnie negatywny wpływ na stan stonków wodnych w roślinach. W tych warunkach stężenie soli 1500 mg·dm⁻³ zmniejszyło w stosunku do roślin kontrolnych potencjał wody o 51,2%, a przewodność szparkową liści o 63,3%, zaś zwiększyło w nich deficyt wody o 23,4%. Dalszy wzrost stężenia NaCl w jeszcze większym stopniu wpłynął na wartość omawianych wskaźników określających stan uwodnienia roślin. Uzyskane dane wskazują, że zasolenie w największym stopniu wpłynęło na zmniejszenie przewodności szparkowej liści. To niewątpliwie było zasadniczą przyczyną zmniejszenia w tych warunkach procesu transpiracji, ale także i procesu fotosyntezy. Przez szparki bowiem w dzień zachodzi dyfuzja gazów w 2 kierunkach, pary wodnej z miąższu asymilacyjnego liści do atmosfery, zaś CO₂ z atmosfery do miąższu asymilacyjnego. W rezultacie więc wraz ze wzrostem zasolenia podłoża malała wartość współczynnika WUE, czyli rośliny coraz mniej przyswajały CO₂ na jednostkę wytranspirowanej wody. Oczywiście fotosynteza to nie tylko reakcje ciem-

ne wymagające dopływu CO₂, ale także i cały zespół pierwotnych reakcji fotosyntetycznych jasnych, na nie jednak jak wykazały pomiary fluorescencji chlorofilu (dane niepublikowane), zasolenie nie miało wpływu.

Wyraźny spadek asymilacji CO₂ w liściach roślin rosnących w zasolonym podłożu był niewątpliwie główną przyczyną wyraźnie mniejszej produkcji biomasy w częściach nadziemnych i korzeniach roślin, a także osłabionego kwitnienia roślin. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach MARLER i ZOZOR [1996], MICKELBART i MARLER [1996], DE HERRALDE i in. [1998].

Hydrożele, jak wskazuje szereg wcześniej przeprowadzonych badań [JOHNSON, LEACH 1990; HELALIA i in. 1992; HETMAN, MARTYN 1996; BOROWSKI, MICHAŁEK 1998; BOROWSKI, MAKOWSKA 2000], wykazują ogromne możliwości absorbowania wody z podłoża. Potwierdziło się to także w omawianych badaniach, bowiem rośliny korzystające z dodatku Ekosorbu 1 i 3 g·dm⁻³ dysponowały w warunkach 70% ppw podłoża odpowiednio blisko 2-krotnie i 3-krotnie większą ilością wody w stosunku do roślin kontrolnych (bez hydrożelu). Stan ten jednak, jak wskazują uzyskane wyniki, nie miał wpływu na potencjał i deficyt wody, co niewątpliwie sugeruje, że w normalnych warunkach (brak zasolenia) zawartość wody w podłożu bez dodatku Ekosorbu była wystarczająca. Dodatek Ekosorbu do podłoża niezawierającego NaCl miał nieznaczny, ale negatywny wpływ na przewodność szparkową liści, ich fotosyntezę i transpirację określaną z jednostki powierzchni liścia. Jednak fotosynteza i transpiracja w przeliczeniu na roślinę była w tych warunkach z pewnością większa ze względu na znacznie większą łączną powierzchnię liści na roślinach korzystających z obecności hydrożelu w podłożu. Również TRIPEPI i in. [1991] stwierdzili negatywny wpływ dodatku hydrożelu na przebieg fotosyntezy i transpiracji w siewkach brzozy. BOROWSKI i MICHAŁEK [1998] stwierdzili zaś dodatni wpływ hydrożelu na wymianę gazową w roślinach sałaty poddanej warunkom suszy. Dodatek Ekosorbu, zwłaszcza w dawce 3 g·dm⁻³, wpływał wyraźnie korzystnie na produkcję biomasy w częściach nadziemnych i korzeniach roślin, a także na ich kwitnienie. Znajduje to również potwierdzenie w badaniach innych autorów [HETMAN, DURLAK 1998; SZOT 1998; BOROWSKI, MAKOWSKA 2000; BOROWSKI i in. 2000].

Dodatek Ekosorbu w warunkach zasolenia podłoża wyraźnie poprawiał stosunki wodne w roślinach, zwiększając w nich tempo procesu fotosyntezy, transpiracji, a także wartość współczynnika WUE. Niewątpliwie wynikało to z większego nagromadzenia wody w podłożu i łagodzenia w ten sposób skutków zasolenia podłoża.

Tabela 6; Table 6

Średnie dekadowe temperatury powietrza i sumy opadów według pomiarów
Stacji Meteorologicznej Gospodarstwa Doświadczalnego w Felinie

Decade means of air temperature and rainfall according to the measurements
of the Felin Experimental Meteorological Station

Miesiąc Months	Temperatura; Temperature (°C)			Opady atmosferyczne; Rainfall (mm)		
	dekady; decades					
	1	2	3	1	2	3
Maj; May	15,4	14,2	12,3	0,0	2,5	17,4
Czerwiec; June	13,7	14,9	15,7	27,7	12,7	7,2
Lipiec; July	20,1	22,9	21,7	33,7	19,6	207,6

Zasolenie gleby w doświadczeniu polowym nie wykazało istotnego wpływu na analizowane cechy roślin. Wydaje się, że mogło to być spowodowane większym udziałem niż w doświadczeniu wazonowym sorpcji glebowej, a także możliwością pewnego wymywania soli przez wody opadowe poza zasięg systemu korzeniowego roślin. Brak wpływu dodatku hydrożelu na rośliny rosnące w glebie wskazuje, że w okresie prowadzenia doświadczenia gleba zawierała dostateczną ilość wody, co znajduje potwierdzenie w ilości i rozkładzie opadów w okresie wegetacyjnym (tab. 6).

Wnioski

1. Dodatek Ekosorbu potasowego w dawce 1 g-dm^{-3} , niezależnie od stopnia zasolenia podłoża w istotnym stopniu zwiększał potencjał wody w roślinach, fotosyntezę i wartość WUE, zaś w dawce 3 g-dm^{-3} liczbę wytworzonych kwiatów na roślinach oraz masę ich części nadziemnych i korzeni. Obie dawki hydrożelu obniżały deficyt wody w liściach, nie okazywały natomiast wpływu na przewodność szparkową liści.
2. Zasolenie podłoża, niezależnie od dawki zastosowanego hydrożelu, zwiększało deficyt wody w liściach, obniżało natomiast potencjał wody, przewodność szparkową liści, fotosyntezę, transpirację, liczbę wytworzonych kwiatów, a także wielkość wytworzonej biomasy. Dodatek hydrożelu w znacznym stopniu łagodził negatywny wpływ zasolenia na rośliny doświadczalne.
3. Dodatek Ekosorbu i zasolenie podłoża wywierały wpływ na rośliny doświadczalne prowadzone w doświadczeniu wazonowym, nie okazywały natomiast wpływu na rośliny prowadzone w doświadczeniu polowym.

Literatura

- BOROWSKI E., MAKOWSKA M. 2000. *Efekte stosowania Akrygelu RP w uprawie truskawki*. Fragmenta Agronomica 3: 76–86.
- BOROWSKI E., MAKOWSKA M., WRÓBLEWSKA M. 2000. *Wzrost i owocowanie trzech odmian truskawki oraz wykorzystanie przez nie wody w glebie z dodatkiem Akrygelu RP*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXXIII: 19–20.
- BOROWSKI E., MICHAŁEK W. 1998. *Wpływ dodatku hydrożeli produkcji krajowej do podłoża torfowego na plon i jakość sałaty żywniej $N\text{-NO}_3$ lub $N\text{-NH}_4$* . Cz. I. *Plonowanie i wymiana gazowa roślin*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sec. EHE, Vol. VI: 103–116.
- DE HERRALDE F., BIEL C., SAVE R., MORALES M.A., TORRECILLAS A., ALARCON J.J., SANCHEZ-BLANCO M.J. 1998. *Effect of water and salt stresses on the growth, gas exchange and water relations in *Argyranthemum coronopifolium* plants*. Plant Science 139: 9–17.
- HELALIA A.M., EL-AMIR S., SHAWIYY M.E. 1992. *Effects of Acryphope and Aquastore polymers on water regime and porosity in sandy soil*. Int. Agrophysics 6: 19–25.
- HETMAN J., DURLAK W. 1998. *Wpływ miąższości podłoża z dodatkiem Akrygelu KM na wzrost, rozwój i wartość dekoracyjną roślin rabatowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 461: 191–207.

- HETMAN J., MATYN W. 1996. Oddziaływanie hydrożeli na właściwości wodne podłoży ogrodniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 429: 133–135.
- HETMAN J., MARTYN W., SZOT P. 1998. Możliwość wykorzystania hydrożeli w produkcji ogrodniczej pod osłonami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 461: 31–45.
- JOHNSON M.S., LEACH R.T. 1990. Effect of superabsorbent polyacrylamides on efficiency of water use by crop seedlings. J. Sci. Food Agric. 52: 431–434.
- KOŚCIELNIAK J., FILEK W., GRZESIAK S. 1989. Influence of soil drought on plant growth, assimilation and dissimilation of CO₂ and accumulation of photosynthates in bean (*Vicia faba* L. minor) during pod formation and rapid pod growth. J. Agron. Crop Sci. 163: 330–337.
- MARLER T.E., ZOZOR Y. 1996. Salinity influences photosynthetic characteristics, water relations, and foliar mineral composition of *Annona squamosa* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121: 243–248.
- MICKELBART M.V., MARLER T.E. 1996. Root-zone sodium chloride influences photosynthesis, water relations, and mineral content of sapodilla foliage. HortScience. 31: 230–233.
- MYERS P.N., MITCHELL C.A. 1998. Optimizing the calcium content of a copolymer acrylamide gel matrix for dark-grown seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 1107–1111.
- TRIEPEI R.R., GEORGE M.M., DUMROESE R.K., WENNY D.L. 1991. Birch seedling response to irrigation frequency and a hydrophilic polymer amendment in a container medium. J. Environ. Hort. 9(3): 119–123.
- SZOT P. 1998. Wpływ dodatku hydrożeli do podłoża na ukorzenianie i jakość sadzonek goździka szklarniowego odmiany Desio. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 461: 467–479.

Słowa kluczowe: *Rudbeckia hirta* L., hydrożel, NaCl, stosunki wodne, wymiana gazowa, kwitnienie, biomasa

Streszczenie

W dwu oddzielnych doświadczeniach (wazonowym i polowym) badano wpływ dodatku do gleby Ekosorbu potasowego w dawce 0; 1 i 3 g·dm⁻³ na stosunki wodne w roślinach, wymianę gazową, kwitnienie oraz produkcję biomasy w warunkach zasolenia NaCl. W obu doświadczeniach zastosowano 3 koncentracje soli: 0, 1500 i 3000 mg·dm⁻³.

Wyniki uzyskane w doświadczeniu wazonowym wykazały, że dodatek hydrożelu w dawce 1 i 3 g·dm⁻³ zwiększał potencjał wody w roślinach, liczbę wytworzonych kwiatów i świeżą masę, a zmniejszał deficyt wody. Dodatek Ekosorbu w dawce 1 g·dm⁻³ zwiększał fotosyntezę roślin i wartość WUE, zaś nie wpływał na transpirację. Wyższa dawka hydrożelu (3 g·dm⁻³) obniżała tempo fotosyntezy i transpiracji roślin.

Zasolenie gleby w doświadczeniu wazonowym zwiększało wartość deficytu wody w roślinach, natomiast obniżało wartość pozostałych analizowanych cech roślin. Wpływ NaCl na rośliny kontrolne (bez Ekosorbu) był znacznie większy niż

na rośliny rosnące w glebie z hydrożelem. Zastosowanie Ekosorb i zasolenie gleby w doświadczeniu polowym nie wykazały istotnego wpływu na stosunki wodne, wymianę gazową (dane niepublikowane), a także kwitnienie i produkcję biomasy u roślin rudbekii (*Rudbeckia hirta* L.).

REACTION OF *Rudbeckia hirta* L. TO THE ADDITION OF POTASSIUM EKOSORB TO SOIL IN CONDITIONS OF ITS SALINITY

Edward Borowski

Department of Plant Physiology, Agricultural University, Lublin

Key words: *Rudbeckia hirta* L., hydrogel, NaCl, water relations, gas exchange, flowering, biomass

Summary

In two separate experiments, (pot and field) the effect of the addition of potassium Ekosorb in doses of 0, 1, 3 g·dm⁻³ to soil, on water relations, gas exchange, flowering as well as biomass production in NaCl salinity conditions were studied. In both experiments 3 concentration of NaCl: 0, 1500 and 3000 mg·dm⁻³ were used.

The results of pot experiment showed that both doses of hydrogel increased the potential of water in plants, the number of produced flowers and biomass of plant but decreased deficit of water in plants. The addition of Ekosorb in dose 1 g·dm⁻³ increased plant photosynthesis and WUE value, but had no effect on transpiration. The higher dose of hydrogel (3 g·dm⁻³) reduced the rate of photosynthesis and transpiration of plants.

The salinity of soil increased the value of the deficit of water in plants, however, it decreased the value of the remaining analysed features of plants. The effect of NaCl on control plants (without Ekosorb) was considerably higher than on plants growing in soil with hydrogel. The application of Ekosorb and NaCl in field experiment did not present significant effect on water relations, gas exchange (data not shown) as well as flowering and biomass production in *Rudbeckia hirta* L. plants.

Prof. dr hab. Edward **Borowski**

Katedra Fizjologii Roślin

Akademia Rolnicza

ul. Akademicka 15

20-950 LUBLIN

e-mail: FizjoRos@hortus.ar.lublin.pl