

J. Elementol. 2006, 11(1): 77–87

**Ewa Rumasz-Rudnicka¹, Zdzisław Koszański,
Cezary Podsiadło, I. Gluba**

WPLYW NAWADNIANIA WODĄ O RÓŻNYM ZASOLENIU NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W WARZYWACH

**Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania
Akademia Rolnicza w Szczecinie**

WSTĘP

Potrzeby wodne roślin warzywnych zależą od długości okresu wegetacji, gatunku, odmiany i typu użytkowego (DZIEŹYC 1988). Jednym z najbardziej wrażliwych gatunków na niedobór wody jest np. cebula ze względu na stosunkowo płytki zasięg systemu korzeniowego (do 20 cm), ale również, jak podaje CHROBOCZEK i SKĄPSKI (1982), ze względu na wysokie wymagania w stosunku do wilgotności gleby. Burak ćwikłowy, mimo głębokiego systemu korzeniowego (do 40 cm i więcej) i średnich wymagań w stosunku do wilgotności gleby (60–70% PPW), również reaguje na nawadnianie znaczną wyższą plonu korzeni.

Nierównomierny rozkład opadów nie zapewnia tym popularnym roślinom optymalnych warunków wilgotnościowych w okresie wegetacji. Dlatego stosowanie uzupełniających nawodnień uważa się za jeden z najbardziej istotnych czynników decydujących nie tylko o wzroście produkcji, ale i jakości plonów. Zabieg ten jest szczególnie ważny na glebach lekkich, charakteryzujących się małą retencją i częstymi zmianami stanu uwilgotnienia.

dr inż. Ewa Rumasz-Rudnicka, Zakład Produkcji i Nawadniania Roślin, Akademia Rolnicza, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Agricultural University in Szczecin, Department of Plant Cultivation and Irrigation, Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland, tel. (091) 4250323, e-mail: rumasz@agro.ar.szczecin.pl

Biorąc pod uwagę fakt, że zasoby wody do nawodnień są coraz mniejsze, należałoby szukać innych jej źródeł. Takimi mogłyby być wody zasolone, zwłaszcza na terenach zlokalizowanych niedaleko Morza Bałtyckiego.

W pracy badano możliwości stosowania do nawodnień wody o różnym zasoleniu oraz jego wpływu na plonowanie i skład chemiczny cebuli zwyczajnej i buraka ćwikłowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Prowadzono je w latach 1996–1999 w RZD Lipki na glebie brunatnej kwaśnej, zaliczanej do IVb klasy bonitacyjnej, kompleksu żytniego dobrego. Burak ćwikłowy (odm. Czerwona kula) i cebulę zwyczajną (odm. Wolska) uprawiano w czteroletnim zmianowaniu: burak ćwikłowy – cebula zwyczajna – kapusta głowiasta biała – seler korzeniowy. Warzywa uprawiano w warunkach kontrolnych (K) i nawadnianych: wodą słodką (WS, o zasoleniu średnio $200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), rozcieńczoną wodą zasoloną (WZ-1, o zasoleniu $2700 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i wodą zasoloną (WZ-2, o zasoleniu $5200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Wodę zasoloną (WZ-2) przygotowano na podstawie składu chemicznego wody Morza Bałtyckiego, rozpuszczając w 1 t wody słodkiej: 4 kg soli kuchennej z mikroelementami (NaCl); 0,2 kg chlorku potasu (KCl); 0,8 kg siarczanu magnezu (MgSO_4); 0,2 kg węglanu sodu (Na_2CO_3). Rozcieńczoną wodę zasoloną (WZ-1) sporządzono mieszając wodę słodką (WS) i wodę zasoloną (WZ-2) w równych ilościach.

Buraka deszczowano minizraszczacami w przypadku zmniejszenia zapasu wody w 15–20 cm warstwie gleby poniżej 60% ppw, utrzymując wilgotność do 70% ppw przez cały okres wegetacji. W uprawie cebuli – w okresie od wschodów do tworzenia cebul – utrzymywano wilgotność 70–80% ppw, natomiast w późniejszym okresie – na poziomie 60–70% ppw. Stan uwilgotnienia gleby kontrolowano wg ciśnienia ssącego gleby – metodą tensjometryczną. Dawki nawodnieniowe w poszczególnych latach badań zestawiono w tabeli 1. W uprawie roli i pielęgnowaniu roślin stosowano zasady poprawnej agrotechniki. Na podstawie wymagań testowanych gatunków przyjęto obsadę buraka w ilości 22 szt. (25 x 10 cm) i cebuli 29 szt. (20x8 cm) na 1 m^2 . Ponieważ warzywa uprawiano na glebie lekkiej, w roku poprzedzającym założenie doświadczenia zastosowano wapnowanie ($2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz obornik ($30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Nawożenie mineralne zastosowano w ilości $350 \text{ kg NPK (110+90+150)}$ pod buraka i $370 \text{ kg NPK (100+120+150)}$ pod cebulę. Zbiór przeprowadzono ręcznie, w fazie dojrzałości technicznej.

Analizy chemiczne warzyw wykonano w laboratorium Zakładu Produkcji i Nawadniania Roślin, zgodnie z metodyką opisaną w branżowych i polskich normach. Do badań wykorzystano próbki zbiorcze pobierane z każdego obiektu do-

Tabela 1
Table 1

Sumaryczne dawki wody zastosowanej do deszczowania warzyw (mm)
Total water doses used for irrigation of the vegetables (mm)

Roślina Plant	1996	1997	1998	1999	Średnia Average
Burak ćwikłowy Red beet	60	115	110	95	95
Cebula zwyczajna Onion	60	40	60	60	55

świadczania. Zawartość przyswajalnego azotu określano metodą Kjeldahla, fosforu – kolorymetrycznie, wapnia i potasu – metodą fotometrii płomieniowej, żelazo, cynk i sód – metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej. Obliczenia statystyczne dotyczące plonu warzyw oraz składu chemicznego roślin wykonano stosując analizę wariancji. Ocenę różnic przeprowadzono testem Duncana na poziomie istotności 0,05.

Praca stanowi wycinek przeprowadzonych badań i obejmuje analizę wpływu zastosowanego czynnika w doświadczeniu – nawadniania na wielkość plonu testowanych gatunków oraz zawartość wybranych składników chemicznych w częściach użytkowych (korzeń i cebule).

OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

Plony

Zlokalizowanie doświadczenia na glebach lekkich kompleksu żytniego wymagało deszczowania roślin. Gleby lekkie, które charakteryzują się dużą przepuszczalnością, małą zdolnością retencyjną, należy deszczować, co potwierdza GRABARCZYK i in. (1992). Rezultaty dotyczące wielkości uzyskanych plonów warzyw w poszczególnych latach badań przedstawiono w tabelach 2–3.

Stwierdzono, że woda zastosowana do nawadniania spowodowała zwiększenie plonu korzeni buraka ćwikłowego (tab. 2), przy czym obserwowany wzrost był uzależniony od rodzaju zastosowanej wody oraz roku uprawy. Plon świeżej masy korzeni buraka ćwikłowego z poletek nienawadnianych wynosił średnio w okresie badań $3,39 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Wpływ deszczowania na wysokość plonu świeżej masy korzeni okazał się wysoce istotny. Średni plon korzeni pod wpływem deszczowania wzrósł o 25,4%. Porównując rodzaje wody użytej do nawadniania buraka w całym okresie badań, widać, że najlepsze efekty dała woda słodka (WS), spowodowała bowiem wzrost plonu świeżej masy korzeni buraka ćwikłowego o 42,5% (przyrost o $1,44 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Wraz ze wzrostem zasolenia wody użytej do nawadniania, przyrosty plonów były coraz mniej

Tabela 2
Table 2Plon buraka ćwikłowego ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
Red beet root yield ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

Obiekt Factor		1996	1997	1998	1999	Średnio Mean
K		4.38 <i>a</i>	3.17 <i>a</i>	2.06 <i>a</i>	3.95 <i>c</i>	3.39 <i>a</i>
WS		5.33 <i>b</i>	5.05 <i>d</i>	4.24 <i>c</i>	4.71 <i>d</i>	4.83 <i>d</i>
WZ-1		5.67 <i>c</i>	4.62 <i>c</i>	3.84 <i>b</i>	3.35 <i>b</i>	4.37 <i>c</i>
WZ-2		4.41 <i>a</i>	3.47 <i>b</i>	3.80 <i>b</i>	2.57 <i>a</i>	3.56 <i>b</i>
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation		5.14	4.38	3.96	3.54	4.25
NIR ₀₀₅ dla LSD ₀₀₅ for	<i>m</i> =2	0.239	0.178	0.086	0.091	0.135
	<i>m</i> =3	0.250	0.196	0.091	0.095	0.143
	<i>m</i> =4	0.257	0.191	0.093	0.098	0.54

Tabela 3
Table 3Plon cebuli zwyczajnej ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
Onion yield ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

Obiekt Factor		1996	1997	1998	1999	Średnio Mean
K		1.66 <i>a</i>	1.07 <i>a</i>	1.59 <i>a</i>	2.32 <i>b</i>	1.66 <i>a</i>
WS		1.73 <i>a</i>	1.09 <i>a</i>	1.74 <i>b</i>	2.77 <i>d</i>	1.83 <i>b</i>
WZ-1		1.74 <i>a</i>	1.47 <i>b</i>	1.75 <i>b</i>	2.61 <i>c</i>	1.89 <i>c</i>
WZ-2		1.70 <i>a</i>	1.08 <i>a</i>	1.63 <i>a</i>	2.06 <i>a</i>	1.62 <i>a</i>
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation		1.72	1.21	1.71	2.48	1.78
NIR ₀₀₅ dla LSD ₀₀₅ for	<i>m</i> =2	r.n.	0.076	0.067	0.116	0.052
	<i>m</i> =3	n.s.	0.079	0.070	0.121	0.058
	<i>m</i> =4		0.081	0.072	0.124	0.062

sze i wynosiły średnio w przypadku rozcieńczonej wody zasolonej i wody zasolonej odpowiednio 28,9% i 5,0%. Ta tendencja utrzymywała się przez cały czteroletni cykl badań, z wyjątkiem 1996 r., kiedy założono doświadczenie.

Badając reakcję cebuli zwyczajnej (tab. 3) na stosowanie wody, stwierdzono istotny jej wpływ na wielkość plonów, choć przyrosty plonów nie były tak wysokie jak w przypadku buraka ćwikłowego. Plon cebuli zwyczajnej pochodzącej z obiektów kontrolnych wyniósł średnio $1,66 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Najbardziej stymulująco na produkcję cebuli oddziaływała rozcieńczona woda zasolona (WZ-1), dzięki której zanotowano średni wzrost plonu o 13,9%, czyli $1,89 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Nieco niższy przyrost plonu (10,2%), w porównaniu z obiektami kontrolnymi, był z poletek desz-

czowanych wodą słodką (WS), a na deszczowanych wodą zasoloną (WZ-2) plon był nawet nieco mniejszy (2,4%).

Potrzebom wodnym i efektom nawadniania wodą słodką buraka ćwikłowego dużo uwagi poświęcili BUCZAK (1989), DZIEŹYC i in. (1989), KANISZEWSKI (1987). Autorzy stwierdzili, że pomimo głębokiego systemu korzeniowego burak ćwikłowy jest rośliną dość silnie reagującą na zmiany wilgotności gleby. Także KOŁOTA (1984b), po 3-letnim cyklu doświadczeń z nawadnianiem buraka ćwikłowego, stwierdził, że zabieg ten, zwłaszcza w roku o dużym niedoborze opadów atmosferycznych, okazał się wysoce efektywny, zwiększył bowiem plon ogólny i handlowy korzeni. Celowość nawadniania tej rośliny na glebach piaszczystych (V–VI klasa bonitacyjna) potwierdzili również ROLBIECKI i RZEKANOWSKI (1996, 1997). Okazuje się, że nie tylko burak, ale i cebula zwyczajna reaguje na nawadnianie zwyżką i lepszą jakością plonu. KANISZEWSKI (1996) oraz BUCZAK i in. (1982) nawadniając cebulę wodą słodką uzyskali wzrost plonu handlowego i ogólnego, a jednocześnie zwiększenie liczby i masy cebul o średnicy 4,5–7 cm oraz powyżej 7 cm. Z kolei RUTKOWSKI i MAŁECKA (1986) – przeprowadzając badania z deszczowaniem wodą słodką różnych gatunków roślin uprawianych na glebach należących do IV klasy bonitacyjnej – uzyskali wzrost plonu wszystkich nawadnianych gatunków, ale najwyższe efekty ekonomiczne otrzymali w przypadku deszczowania warzyw, przede wszystkim cebuli zwyczajnej.

Wyniki zamieszczone w tabelach 3 i 4 wskazują, że użycie do nawadniania rozcieńczonej wody zasolonej (WZ-1) i wody zasolonej (WZ-2) powodowało różne przyrosty plonu warzyw w zależności od gatunku. Zauważono, że w kolejnych latach doświadczeń, wraz ze wzrostem stopnia zasolenia wody użytej do doświadczenia, plony buraka ćwikłowego były coraz niższe, chociaż i tak prawie zawsze były wyższe niż plony zebrane z poletek kontrolnych. Obniżka plonu warzyw w kolejnych latach może wynikać z faktu, że rośliny uprawiano w czteroletnim zmianowaniu, a przedplony również nawadniano wodą zasoloną, która w nadmiarze może pogarszać warunki wzrostu i rozwoju roślin. Ponadto w 1997 i 1998 r. zastosowano prawie dwukrotnie wyższe dawki nawodnień. YUORTSEVER i SONMEZ (1996) uzyskali podobne rezultaty, nawadniając wodą zasoloną pomidor, którego plon w pierwszym roku uprawy nie był zależny od zasolenia, a w drugim roku zmniejszał się ze wzrostem stopnia zasolenia wody. Podobnie jak w przeprowadzonych badaniach, CORDEIRO i in. (1999) również zanotowali obniżkę handlowego plonu buraka ćwikłowego wraz ze wzrostem zasolenia. Była ona jednak bardzo duża (blisko 50% i 60%), a mogła wynikać ze stopnia zasolenia wody, której przewodnictwo elektryczne wynosiło odpowiednio 4 i 8 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Także MAKARY i in. (1994) – nawadniając cebulę wodą słodką i zasoloną ($\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$) o stężeniu 1000, 2000, 3000 p.p.m. – otrzymali zniżkę plonu przy najwyższym zasoleniu o 26,8% i 50,6% w dwóch kolejnych latach prowadzenia doświadczeń, w porównaniu z plonem cebuli pochodzącej z poletek kontrolnych.

Zależności między stopniem zasolenia wody użytej do nawadniania warzyw a uzyskanymi plonami nie zawsze charakteryzowały się wysokimi współczynnikami korelacji. Z ocenianych gatunków tylko burak ćwikłowy wykazywał taką zależność ($r^{**} = -0,61$).

Zawartość składników mineralnych w warzywach

W intensywnej produkcji rolnej woda jest nie tylko czynnikiem limitującym wysokość plonu, ale również modyfikuje jego jakość. Zawartość azotu ogólnego w warzywach nienawadnianych (tab. 4, 5) wynosiła od 1,82% (burak ćwikłowy) do 2,09% (cebula zwyczajna). Wyniki analiz warzyw wykazały, że zastosowana do doświadczeń woda przyczyniła się do niewielkiego obniżenia zawartości azotu w suchej masie obu testowanych gatunków – średnio o 0,08% w buraku i 0,09% w cebuli. Ponadto zawartość azotu była tym mniejsza, im bardziej zasoloną wodą podlewano rośliny. Z badań krajowych dotyczących zmian zawartości azotu wynika, że deszczowanie (wodą słodką) obniża, z reguły, jego zawartość. Zdaniem BUNIAKA (1986), można to tłumaczyć tym, iż w warunkach dobrego zaopatrzenia w wodę i azot następuje wzmożenie produktywności procesu fotosyntetycznego, a w wyniku tego niejako „rozcieńczenie” zawartości azotu w roślinie. Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają rezultaty badań KANISZEWSKIEGO i JAGODY (1976), KOŁOTY (1984a), ROLBIECKIEGO i RZEKANOWSKIEGO (1996 i 1997), OSIŃSKIEJ i in. (1982) oraz DZIEŻYCA i in. (1982) dotyczących nawadniania nie tylko buraka ćwikłowego, ale również kapusty białej głowiastej i selera korzeniowego.

Podobne zależności zaobserwowano oceniając zawartość potasu i wapnia w warzywach (tab. 4, 5). Zawartość potasu w warzywach z kombinacji kontrol-

Tabela 4
Table 4

Skład chemiczny korzeni buraka ćwikłowego (średnia z czterech lat)
Chemical composition of red beet (mean of 4 years)

Obiekt Factor	%					mg · kg ⁻¹	
	N	P	K	Ca	Na	Fe	Zn
K	1.82	0.34	2.63	0.10	0.16 ^a	107	40
WS	1.77	0.35	2.76	0.10	0.18 ^a	107	37
WZ-1	1.73	0.35	2.47	0.08	0.41 ^b	102	32
WZ-2	1.73	0.36	2.29	0.08	0.48 ^b	102	28
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation	1.74	0.35	2.51	0.09	0.36	104	32
NIR ₀₀₅ dla LSD ₀₀₅ for	<i>m</i> =2 <i>m</i> =3 <i>m</i> =4	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	0.211 0.220 0.226	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.

Tabela 5
Table 5Skład chemiczny cebuli zwyczajnej (średnia z czterech lat)
Chemical composition of onion (mean of 4 years)

Obiekt Factor	%					mg · kg ⁻¹	
	N	P	K	Ca	Na	Fe	Zn
K	2.09	0.34	1.57	0.10	0.04	101	28
WS	2.01	0.35	1.66	0.10	0.05	94	26
WZ-1	2.00	0.36	1.56	0.09	0.12	87	25
WZ-2	1.99	0.36	1.42	0.09	0.14	85	24
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation	2.00	0.36	1.55	0.09	0.10	89	25
NIR _{0.05} dla LSD _{0.05} for	<i>m</i> =2 <i>m</i> =3 <i>m</i> =4	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	0.075 0.078 0.080	r.n. r.n. n.s.

nych wynosiła 1,57–2,63% w s.m., a wapnia 0,10%. Okazało się, że nawadnianie spowodowało obniżenie zawartości potasu (średnio o 0,12% w buraku i 0,02% w cebuli) i nieznaczne wapnia (średnio o 0,01% w obu warzywach). Jak podają BRODOWSKA i KACZOR (2004), zawartość wapnia w suchej masie roślin wynosi najczęściej od 5 do 30 g·kg⁻¹, ale jego ilość zależy od gatunku, organu i wieku rośliny, a także od zasobności gleby w wapń, i wielu innych czynników wpływających na jego pobieranie (GRUNES, WELCH 1989, LAWRENCE i in. 1995). Oceniając reakcję warzyw na rodzaj stosowanej do nawodnień wody, stwierdzono, że im bardziej była ona zasolona, tym mniejsze ilości potasu i wapnia zawierały warzywa. Obniżenie zawartości wapnia w roślinach, w porównaniu z roślinami niedeszczowanymi, jest przypuszczalnie wynikiem różnicy przemieszczania się wapnia w tkankach. Takie rezultaty badań osiągnęli również KADREW i GEORGIEWA (1976), którzy badali skład chemiczny kukurydzy uprawianej w warunkach nadmiaru sodu, oraz FRANCOIS i in. (1991) w doświadczeniu dotyczącym karczocha. Obserwowane w doświadczeniu zmiany mogą być również wynikiem naruszenia równowagi jonowej, nie zaś pojawienia się ograniczeń w pobieraniu jonów. Tak samo tłumaczy CHAVAN PRAKASH i KARADGE (1980) obniżkę wapnia we wszystkich częściach roślin orzeszków ziemnych w obecności siarczanu sodowego i w liściach wobec chlorku sodowego.

Inne zależności zaobserwowano analizując zawartość fosforu i sodu. Zawartość fosforu nieznacznie wzrosła pod wpływem deszczowania wodą słodką w obu warzywach, co jest zgodne z wynikami KANISZEWSKIEGO i BĄKOWSKIEGO (1982), KOŁOTY (1984c) i JABŁOŃSKIEJ-CEGLAREK (1984). Ponadto stwierdzono, że rośliny, które deszczowano wodą o większym stopniu zasolenia, zawierały więcej tego pierwiastka.

Jednak największe, stwierdzone statystycznie, zmiany pod wpływem nawadniania dotyczyły zawartości sodu w częściach użytkowych warzyw. Sód gromadził się zwłaszcza w nawadnianym buraku, który zawierał go o 0,20% więcej porównaniu z roślinami nienawadnianymi. Należy podkreślić, iż zawartość sodu w buraku rosła wraz ze wzrostem zasolenia wody deszczownianej, osiągając maksymalną koncentrację (0,48%) w korzeniach podlewanych wodą o najwyższym zasoleniu (WZ-2). Podobne tendencje zaobserwowano analizując zawartość sodu w cebuli, chociaż jego zawartość w suchej masie, w nienawadnianej (pochodzącej z obiektu kontrolnego) cebuli była czterokrotnie niższa (0,04%) niż w nienawadnianym buraku (0,16%). Związki zawartości sodu w suchej masie roślin (y) z zasoleniem wody użytej do nawadniania (x) obrazują równania: $y = 0,1552 + 0,0001 \cdot x - 1,22E-8 \cdot x^2$ dla buraka i $y = 0,0438 + 4,22E-6 \cdot x + 8,2E-9 \cdot x^2$ dla cebuli. Wyższa zawartość sodu w roślinach nawadnianych wodą zasoloną wynika z większości badań, a zdolność roślin do akumulacji jonów sodu wzrasta z wiekiem roślin, o czym informują badania HARIVANDI i in. (1984). Tendencje wzrostu zawartości sodu wykazywały rośliny, które deszczowano wodą o wyższym zasoleniu, co potwierdzają wyniki badań ULLAH i in. (1993), YADAV i TOMAR (1990), FRANCOIS i in. (1990).

Ilość żelaza w roślinach jest efektem współdziałania czynników glebowych, roślinnych i klimatycznych (STOLARSKA, PRZYBULEWSKA, 2004). TURSKI i BARAN (1995) za normę zawartości żelaza w roślinach podają 20–50 mg·kg⁻¹ s.m., natomiast ilości 200–400 mg·kg⁻¹ s.m. uważają za nadmiar. Z kolei ŻEBROWSKA i JACKOWSKA (2004) podają, że żelazo, którego przeciętna ilość wynosi 100 mg w 1 kg s.m. roślin, wchodzi w skład enzymów biorących zasadniczy udział w procesach fotosyntezy i oddychania. Te zakresy zawartości żelaza są zbliżone do stwierdzonych zawartości tego pierwiastka w buraku i cebuli pochodzących z obiektów kontrolnych. Ponadto uzyskane w doświadczeniu wyniki wskazują, że nawadnianie nie miało wyraźnego wpływu na zawartość tego pierwiastka w warzywach, powodując spadek jego zawartości w obu testowanych warzywach.

Zawartość cynku w warzywach pochodzących z poletek kontrolnych wahała się od 28 mg w 1 kg s.m. (w cebuli) do 40 mg w 1 kg s.m. (w buraku). Jest to ilość mieszcząca się w prawidłowym zakresie, tj. poniżej 100 mg w 1 kg s.m. roślin, wg KABATY-PENDIAS i DUDKA (1991). W badaniach własnych nie stwierdzono istotnego wpływu nawadniania na zawartość cynku w warzywach, chociaż jego zawartość zmniejszała się w nich średnio o 20% i 11%, odpowiednio w buraku i cebuli. Analizy chemiczne na zawartość cynku w warzywach wykazały tendencję do coraz mniejszego jego gromadzenia w miarę nawadniania roślin wodą zasoloną.

WNIOSKI

1. W doświadczeniu potwierdzono, że cebula zwyczajna i burak ćwikłowy reagują na nawadnianie wyższą plonem. Najbardziej plonotwórcze okazało się zastosowanie do nawodnień warzyw wody słodkiej i rozcieńczonej wody zasolonej, dzięki którym uzyskano plon cebuli odpowiednio o 10,2% i 13,9% wyższy od plonu z obiektów kontrolnych, a buraka ćwikłowego o 42,5% i 28,9%.

2. W analizowanym materiale roślinnym badanych warzyw istotne zmiany dotyczyły tylko zawartości sodu, a najsilniejsze dodatnie współzależności ($r^{**}=0,70$) między jego zawartością a zasoleniem wody deszczownianej zaobserwowano nawadniając buraka ćwikłowego. Koncentracja pozostałych pierwiastków: azotu, potasu, wapnia, oraz żelaza i cynku w częściach użytkowych obu testowanych warzyw tylko nieznacznie obniżyła się pod wpływem deszczowania.

PIŚMIENNICTWO

- BRODOWSKA M.S., KACZORA. 2004. Wpływ zróżnicowanego zaopatrzenia gleby w magnez, wapń, i siarkę na zawartość magnezu i wapnia w roślinach. Cz. I. Pszenica jara. J. Elementol., 9 (3): 231-237.
- BUCZAK E., KONDYS H., SZABLOWSKA B. 1982. Wpływ deszczowania i wzrastających dawek nawozów mineralnych na przechowywanie porów, selerów i cebuli. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 236: 53-61.
- BUCZAK E. 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych. Red. J. Dzieżyc. PWN, Warszawa, 159-188.
- CHAVAN PRAKASH D., KARADGE B.A. 1980. Influence of salinity on mineral nutrition of peanut (*Arachis hypogea* L.). Plant Soil, 54 (1): 5-13.
- CHROBOCZEK E., SKAŃSKI H., 1982. Ogólna uprawa warzyw. PWRiL, Warszawa, ss. 73-85.
- CORDEIRO G.G., RESENDE G.M., PEREIRA J.R., COSTA N.D., 1999., Effect of saline water and soil conditioner on beetroot yield in the Brazilian Semi-arid region. Horticult. Brasileira, 17 (1): 39-41.
- DZIEŹYC J., TRYBAŁA M., 1989. Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol., 377: 179-193.
- DZIEŹYC J. 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN, Warszawa.
- DZIEŹYC J., DZIEŹYCOWA D., BUNIAK W. 1982. Zmiany zawartości makroskładników w roślinach warzywnych, zależnie od warunków wodnych i dawek NPK. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 236: 99-107.
- FRANCOIS L.E., DONOVAN T.J., MAAS E.V., 1990. Salinity effects on emergence, vegetative growth, and seed yield of guar. Agron. J., 82 (3): 587-592.
- FRANCOIS L.E., DONOVAN T.J., MAAS E.V. 1999. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. Hort. Sc., 26 (5): 549-553.
- GRABARCZYK S. 1992. Stan i perspektywy deszczowania roślin w Polsce. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rol. 32 (180): 7-14.
- GRUNES D.L., WELCH R.M. Plant contents of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminant nutrition. J. Anim. Sci., 67: 3485-3494.
- HARIVANDI M.A., BUTLER J.D., SOLTANPOUR P. 1984. Wpływ stężenia wody morskiej na kiełkowanie i gromadzenie jonów przez trawę *Puccinella sp.* Prz. Nauk. Lit. Rol. i Leśn., 30 (2): 253.

- JABŁOŃSKA-CEGLAREK R. 1984. Wpływ nawadniania, nawożenia obornikiem, nawożenia mineralnego oraz uprawy po poplonach na wartość odżywczą kapusty białej późnej i selera korzeniowego. *Biul. Warz. Inst. Warzywnictwa, Skierniewice*, 25: 109-124.
- KABATA-PENDIAS A., DUDKA S. 1991. Trace metal content of *Taraxacum officinale* (dandelion) as a convenient environmental indicator. *Environ. Geochem. Health.*, 13: 108-113.
- KADREW T., GEORGEWA D. 1976. Wpływ zwiększonych dawek sodu na wzrost i pobieranie składników pokarmowych przez kukurydzę. *Prz. Nauk. Lit. Rol. i Leśn.*, 22 (3): 336.
- KANISZEWSKI S. 1987. *Nawadnianie warzyw*. PWRiL, Warszawa.
- KANISZEWSKI S. 1996. *Nawadnianie cebuli*. *Owoce Warz. Kwiaty*, 13: 6-7.
- KANISZEWSKI S., BĄKOWSKI J. 1982. Wpływ nawadniania, nawożenia azotem na zawartość makro- i mikrośladników w zgrubieniach selera korzeniowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 236: 87-97.
- KANISZEWSKI S., JAGODA J. 1976. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego oraz rozstawy na plonowanie kapusty późnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 181: 45-54.
- KOŁOTA E. 1984a. Wpływ sposobu nawożenia i formy azotu na plonowanie warzyw w uprawie z nawadnianiem i bez nawadniania. Cz. I. Kapusta głowiasta biała. *Biul. Warz. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 27: 203-236.
- KOŁOTA E. 1984b. Wpływ sposobu nawożenia i formy azotu na plonowanie warzyw w uprawie z nawadnianiem i bez nawadniania. Cz. II. Burak ćwikłowy. *Biul. Warz. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 27: 237-260.
- KOŁOTA E. 1984c. Wpływ sposobu nawożenia i formy azotu na plonowanie warzyw w uprawie z nawadnianiem i bez nawadniania. Cz. IV. Zawartość fosforu, potasu i magnezu w warzywach. *Biul. Warz. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 27: 283-299.
- LAWRENCE G.B., DAVID M.B., SHORTLE W.C. 1995. A new mechanism for calcium loss in forest-floor soils. *Nature*, 378 (9): 162-165.
- MAKARY B.S., KORIEM S.O., BASILIOUS S.I. 1994. Response of onion from sets to various concentrations of salts in irrigation water. *Assiut J. Agricult. Sc.*, 25 (4): 215-223.
- OSIŃSKA M., MICHALAK K., SZYMAŃSKI L. 1982. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego selerów na jakość plonu i jego wartość technologiczną. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 236: 39-51.
- ROLBIECKI S., RZEKANOWSKI Cz. 1996. Wpływ nawadniania deszczownianego i kropłowego na niektóre cechy jakościowe plonu wybranych gatunków warzyw. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 438: 205-212.
- ROLBIECKI S., RZEKANOWSKI Cz. 1997. Wpływ opadów i nawadniania na plonowanie buraka ćwikłowego na glebie lekkiej. *Pam. Puł.*, 110: 113-119.
- RUTKOWSKI M., MAŁECKA I. 1986. Efektywność ekonomiczna deszczowania niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 268: 535-540.
- STOLARSKA A., PRZYBULEWSKA K. 2004. Wpływ warunków siedliska na bioakumulację wybranych mikroelementów w *Plantago major* L. i *Taraxacum officinale* Web. *J. Elementol.*, 9 (4): 775-784.
- TURSKI R., BARAN S. 1995. *Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb*. Wyd. AR Lublin.
- ULLAH S.M., SOJA G., GERZABEK M.H. 1993. Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Bodenkultur*, 44 (4): 291-301.
- YADAV B.R., TOMAR S.P.S., 1990. Comparative effect of chloride and sulphate salinity in irrigation water on yield and mineral nutrition of cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.). *Vegetable Sc.*, 17 (2): 191-194.
- YURTSEVER E., SONMEZ B., 1996. The effects of irrigation water salinity on the yield of tomato and soil salinization. *Turkish J. Agricult. Forest*, 20 (1): 27-33.

ŻEBROWSKA J., JACKOWSKA I. 2004. *Interakcje między zawartością niektórych makro- i mikroelementów w roślinach z kultur in vitro*. J. Elementol., 9 (4): 869-875.

Ewa Rumasz-Rudnicka, Zdzisław Koszański, Cezary Podsiadło, I. Gluba

WPLYW NAWADNIANIA WODĄ O RÓŻNYM ZASOLENIU NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W WARZYWACH

Słowa kluczowe: nawadnianie, zasolenie, plony, burak ćwikłowy, cebula, skład chemiczny.

Abstrakt

Na glebie lekkiej przeprowadzono czteroletnie doświadczenie polowe, w którym badano wpływ nawadniania wodą o różnym zasoleniu na zawartość niektórych pierwiastków w buraku ćwikłowym i cebuli zwyczajnej. Schemat doświadczenia uwzględniał następujące obiekty: kontrolny (nienawadniany), nawadniany wodą słodką (woda z rurociągów, o zasoleniu średnio $200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wody), nawadniany rozcieńczoną wodą zasoloną (zasolenie średnio $2700 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wody), nawadniany wodą zasoloną (zasolenie średnio $5200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wody).

Wykazano, że woda zastosowana do deszczowania przyczyniła się do niewielkiego obniżenia zawartości azotu, potasu, wapnia w ich częściach użytkowych. Zawartość ocenianych pierwiastków była tym niższa, im bardziej zasoloną wodę stosowano do nawodnień. Ponadto zabieg ten przyczynił się również do niewielkiego wzrostu zawartości fosforu. Z analizowanych pierwiastków tylko zawartość sodu w warzywach była w sposób istotny modyfikowana stopniem zasolenia wody użytej do nawadniania – zawartość sodu była tym wyższa im bardziej zasoloną wodą podlewano rośliny.

INFLUENCE OF IRRIGATION WITH SALINE WATER ON THE CONTENT OF SOME MINERALS IN VEGETABLES

Key words: irrigation, salinity, yield, red beet, onion, chemical composition.

Abstract

In a 4-year field experiment the content of some minerals in red beet and onion, irrigated with water of various salt content, was assessed. The following objects were tested: control (no irrigation), tap water irrigation (200 mg salt per 1 dm^{-3}), diluted salt water (2700 mg salt per 1 dm^{-3}), saline water (5200 mg salt per 1 dm^{-3}).

Irrigated plants contained less nitrogen, potassium and calcium, particularly those which had been irrigated with water of high salt content. On the other hand, the watered plants contained more phosphorus. Among the minerals which were analysed only the content of sodium depended on the salinity of water used for irrigation; the higher the salt content in water, the more sodium found in the plants.