

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki

WPLYW NAWODNIEŃ CIŚNIENIOWYCH NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W ROŚLINACH OGRODNICZYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 1991–2001 nad wpływem nawadniania kropłowego i mikrozaszania na kształtowanie się poziomu wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w częściach jadalnych niektórych gatunków roślin warzywnych (burak ćwikłowy, cukinia, dynia, fasola szparagowa, marchew jadalna) i jagodowych (aronia, porzeczka czarna, truskawka). Doświadczenia polowe przeprowadzono w miejscowości Kruszyn Krajeński koło Bydgoszczy na glebie zaliczanej do V–VI klasy bonitacyjnej. Zawartość części spławianych w warstwie orno-próchnicznej wynosiła 7% a w poziomach podornych od 3 do 5%. Zawartość próchnicy wynosiła 1,19%. Połowa pojemność wodna w warstwie 1 m wynosiła 88 mm a wody dostępnej 68 mm. Badanym czynnikiem było nawadnianie w trzech następujących wariantach: I – kontrola (bez nawadniania), II – nawadnianie kropłowe, III – mikrozaszanie. Nawadnianie rozpoczynano przy potencjale wodnym gleby – 0,03 MPa. Stwierdzono, że nawadnianie istotnie obniżyło zawartość metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w świeżej masie owoców truskawki, nie oddziaływało natomiast w sposób udowodniony statystycznie na ich poziom w owocach aronii i porzeczki czarnej. Pod wpływem mikronawodnień nastąpił spadek zawartości w świeżej masie owoców cukini i dyni olbrzymiej metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w stosunku do kontroli. Nawadnianie nie wpływało istotnie na kumulację cynku w korzeniach buraka ćwikłowego i marchwi oraz strąkach fasoli szparagowej. W warunkach nawadniania wystąpiła jednak wyraźna tendencja do mniejszej zawartości tego pierwiastka w częściach jadalnych wszystkich trzech wspomnianych gatunków warzyw. Zaznaczyła się zróżnicowana skłonność do kumulowania metali ciężkich przez badane gatunki uprawne warzyw. Spośród testowanych gatunków, burak ćwikłowy najsilniej kumulował cynk.

Słowa kluczowe: nawadnianie kropłowe, mikrozaszanie, rośliny jagodowe, warzywa, metale ciężkie, gleby lekkie

WSTĘP

W warunkach klimatyczno-glebowych Polski nawadnianie powinno się prowadzić – zarówno ze względów przyrodniczych, jak i ekonomicznych – na glebach lekkich, położonych w Krainie Wielkich Dolin [Grabarczyk, Rzekanowski 1984; Pierzgalski, Jeznach 1993]. Warunki energo- i zasobooszczędnej gospodarki – z racji swych specyficznych zalet – spełniają uchodzące obecnie za najnowocześniejsze systemy mikronawodnieniowe. Przewiduje się, że wobec ograniczonych zasobów wód dyspozycyjnych Polski, będą to w niedalekiej przyszłości podstawowe metody nawadniania rządowych upraw ogrodniczych [Grabarczyk, Rzekanowski 1984; Pierzgalski, Jeznach 1993].

Jednocześnie wzrasta w ostatnich latach znaczenie jakości produktów roślinnych. Ocenia się – poza standardowymi oznaczeniami – także i poziom pierwiastków śladowych, które występując w zbyt wysokich stężeniach, mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka. Dotyczy to zwłaszcza warzyw i owoców jagodowych, które spożywane są bardzo często w stanie świeżym. Skąpa ilość informacji w dostępnej literaturze na temat poziomu pierwiastków śladowych w warzywach i owocach pochodzących z nawadnianych plantacji zdecydowała, że dla poszerzenia wiedzy na ten temat podjęto badania własne.

Celem niniejszego opracowania było przedstawienie wpływu zastosowania mikronawodnień na kształtowanie się poziomu wybranych metali ciężkich w częściach jadalnych niektórych gatunków roślin warzywnych i jagodowych uprawianych w regionie bydgoskim, gdzie istnieją duże potrzeby stosowania nawodnień uzupełniających i znajdują się spore arealy plantacji roślin ogrodniczych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W opracowaniu wykorzystano wyniki doświadczeń z zakresu nawadniania kropłowego i mikrozaszania roślin jagodowych i warzywnych, wykonanych w Katedrze Melioracji i Agrometeorologii ATR w Bydgoszczy. Doświadczenia te przeprowadzono w latach 1991–2001 w miejscowości Kruszyn Krajeński (koło Bydgoszczy), na glebie typu czarna ziemia zaliczanej do V i VI klasy bonitacyjnej. Badania polowe z roślinami jagodowymi obejmowały następujące gatunki: aronia, porzeczka czarna i truskawka. Wykonano je w latach 1996–2001.

Doświadczenia z burakiem ćwikłowym, fasolą szparagową i marchwią jadalną przeprowadzono w latach 1991–1994. Eksperymenty z dynią olbrzymią oraz dynią zwyczajną (cukinią) wykonano w latach 1998–2000. Badanym czynnikiem, stanowiącym źródło zmienności było nawadnianie, zastosowane w trzech wariantach:

O – bez nawadniania (poletka kontrolne),

K – nawadnianie kropłowe,

M – mikrozaszczanie.

Podstawowe dane metodyczne zawarto we wcześniej opublikowanych pracach [Rolbiecki i in. 2002; Rolbiecki i in. 2003].

Do nawadniania kropłowego buraka ćwikłowego, fasoli szparagowej i marchwi jadalnej używano napowierzchniowych przewodów z mikroszczelinami według pomysłu Grabarczyka [1977], natomiast pozostałe gatunki nawadniano linią kropłującą T-Tape. Do mikrozaszczania stosowano zraszacze puszkowe krajowej produkcji bądź izraelskie mikrozaszczacze „Hadar”. Terminy wykonywania nawodnień ustalano na podstawie wskazań tensjometrów.

Wodę do nawodnień czerpano z Kanału Kruszyńskiego. Podstawowe parametry jakościowe użytej do nawodnień wody, oznaczone w Państwowym Zakładzie Higieny w Bydgoszczy, pozwalają na zaklasyfikowanie jej do I i II klasy czystości, zgodnie z normatywnymi wskaźnikami wyznaczonymi przez obowiązującą klasyfikację zamieszczoną w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 (Dz.U. nr 116, poz. 503). Zawartość sodu odpowiadała I klasie, a obliczony wskaźnik zasolenia SAR (*Sodium Adsorption Ratio*) mieścił się w zakresie objętym normą (8–18). Przedstawione wielkości wspomnianych wskaźników w analizowanej wodzie mieściły się w granicach wskazanych we wcześniejszych doniesieniach innych autorów, którzy próbowali określić przydatność wód powierzchniowych i podziemnych do nawodnień [Przybyła i in. 1996]. Zawartość suchej pozostałości nieznacznie przekraczała zalecane normy, natomiast stwierdzony poziom metali ciężkich (Pb, Cd, Zn) nie wskazywał na istnienie zagrożenia w przypadku stosowania tej wody do nawadniania.

Analizę zawartości wybranych metali ciężkich w świeżej masie owoców bądź warzyw przeprowadzono w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Bydgoszczy przy użyciu powszechnie stosowanych metod [Łoginow i in. 1990].

Wyniki opracowano statystycznie, stosując metodę analizy wariancji Fishera. Do oceny różnic między średnimi użyto testu Tukeya, przyjmując poziom istotności (5 %).

Czterolecie 1991–1994, w odniesieniu do wartości wieloletnich, trzeba określić jako suche. Opady okresu kwiecień–wrzesień były niższe od przeciętnych (324 mm) średnio o 74 mm. Największe potrzeby nawadniania roślin w tym okresie wystąpiły w roku 1992 (opady IV–IX 148 mm). Z kolei w okresie badawczym 1996–2001, opady okresu wegetacyjnego (IV–IX) wynoszące 333 mm, były nieco (9 mm) wyższe od normy. Najniższe w tym sześcioleciu opady (216 mm) wystąpiły w roku 2000.

WYNIKI

Testowane systemy nawodnieniowe nie wpływały istotnie na zawartość cynku w owocach aronii i porzeczki czarnej (tab. 1). Natomiast owoce truskawek uprawianych w warunkach nawadniania charakteryzowały się istotnie niższym poziomem tego pierwiastka w swej świeżej masie. Spośród testowanych gatunków warzyw nawadnianie nie różnicowało istotnie zawartości cynku w korzeniach buraka ćwikłowego, marchwi jadalnej oraz w strąkach fasoli szparagowej. Trzeba jednak zaznaczyć, że w warunkach nawadniania wystąpiła wyraźna tendencja do mniejszej zawartości tego pierwiastka w częściach jadalnych wszystkich trzech wspomnianych gatunków warzyw. Najwyższą skłonność do kumulacji cynku stwierdzono – pośród testowanych gatunków roślin – w przypadku buraka ćwikłowego.

Nie odnotowano istotnego wpływu testowanych metod nawadniania na poziom kadmu w owocach cukinii oraz owocach aronii i porzeczki czarnej (tab. 2).

W przypadku dyni olbrzymiej, nawadnianie okazało się czynnikiem wyraźnie modyfikującym zawartość kadmu w świeżej masie owoców. Nastąpiło bowiem pod jego wpływem obniżenie w stosunku do kontroli poziomu tego pierwiastka, szczególnie na poletkach mikrozaszanych. Na obiektach nawadnianych kropłowo spadek poziomu Cd był mniejszy. Owoce uprawianych w warunkach nawadniania truskawek charakteryzowały się istotnie niższym – w stosunku do kontroli – poziomem tego pierwiastka w swej świeżej masie.

Tabela 1. Zawartość Zn w częściach jadalnych roślin ogrodniczych
(w mg kg⁻¹ świeżej masy)

Table 1. Zn content in edible parts of horticultural crops
(in mg kg⁻¹ of fresh mass)

Gatunek	Odmiana uprawna	Wariant wodny		
		O	K	M
Rośliny warzywne				
Burak ćwikłowy	‘Czerwona Kula’	<u>(14,13–19,50)¹</u> 17,04 ² a	<u>(8,59–15,68)</u> 11,75a	<u>(12,14–15,49)</u> 14,07a
Dynia zwyczajna (cukinia)	‘Soraya’	<u>(7,9–9,46)</u> 8,52a	<u>(4,57–6,95)</u> 5,84b	<u>(4,36–6,89)</u> 5,22b
Dynia olbrzymia	‘Ambar’	<u>(2,59–4,79)</u> 4,14a	<u>(2,18–5,77)</u> 2,95b	<u>(2,54–5,23)</u> 3,13b
Fasola szparagowa	‘Złota Saxa’	<u>(2,89–4,74)</u> 3,81a	<u>(3,22–3,73)</u> 3,47a	<u>(2,93–3,30)</u> 3,11a
Marchew jadalna	‘Perfekcja’	<u>(2,30–8,38)</u> 5,47a	<u>(3,10–5,19)</u> 4,04a	<u>(2,49–4,47)</u> 3,78a
Rośliny jagodowe				
Aronia	–	<u>(1,53–4,64)</u> 2,71a	<u>(1,35–3,35)</u> 2,19a	<u>(1,38–1,65)</u> 1,65a
Porzeczka czarna	‘Titania’	<u>(1,39–4,24)</u> 2,62a	<u>(1,34–3,48)</u> 2,54a	<u>(1,30–3,33)</u> 2,43a
Truskawka	‘Senga Sengana’	<u>(1,28–2,22)</u> 1,90a	<u>(1,09–1,76)</u> 1,35b	<u>(1,09–1,44)</u> 1,19b

O, K, M – odpowiednio: obiekty kontrolne (bez nawadniania), nawadniane kroplowo i mikrozaszane; ¹ – zakres; ² – wartość średnia; Wartości dla danej odmiany uprawnej oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (p=0,05).

Tabela 2. Zawartość Cd w częściach jadalnych roślin ogrodniczych
(w mg kg⁻¹ świeżej masy)

Table 2. Cd content in edible parts of horticultural crops
(in mg kg⁻¹ of fresh mass)

Gatunek	Odmiana uprawna	Wariant wodny		
		O	K	M
Rośliny warzywne				
Dynia zwyczajna (cukinia)	‘Soraya’	<u>(0,0023–0,0073)</u> 0,0053a	<u>(0,0015–0,005)</u> 0,0029a	<u>(0,0023–0,004)</u> 0,0030a
Dynia olbrzymia	‘Ambar’	<u>(0,0026–0,0061)</u> 0,0068a	<u>(0,0048–0,0072)</u> 0,0057b	<u>(0,036–0,008)</u> 0,0031c
Rośliny jagodowe				
Aronia	–	<u>(0,007–0,016)</u> 0,011a	<u>(0,06–0,016)</u> 0,011a	<u>(0,009–0,022)</u> 0,015a
Porzeczka czarna	‘Titania’	<u>(0,006–0,053)</u> 0,016a	<u>(0,008–0,047)</u> 0,015a	<u>(0,006–0,070)</u> 0,021a
Truskawka	‘Senga Sengana’	<u>(0,016–0,051)</u> 0,036a	<u>(0,016–0,027)</u> 0,022b	<u>(0,011–0,028)</u> 0,019b

Objaśnienia – jak pod tabelą 1

Zastosowane systemy mikronawodnieniowe nie wpływały istotnie – z wyjątkiem truskawki – na kształtowanie się poziomu ołowiu w świeżej masie owoców (tab. 3). Jednak szczególnie w przypadku stosowania mikrozaszrania zanotowano wyraźną tendencję do zmniejszania zawartości ołowiu.

Tabela 3. Zawartość Pb w częściach jadalnych roślin ogrodniczych (w mg kg⁻¹ świeżej masy)

Table 3. Pb content in edible parts of horticultural crops (in mg kg⁻¹ of fresh mass)

Gatunek	Odmiana uprawna	Wariant wodny		
		O	K	M
Rośliny warzywne				
Dynia zwyczajna (cukinia)	'Soraya'	(0,009–0,028) 0,017a	(0,007–0,023) 0,017a	(0,006–0,019) 0,014a
Dynia olbrzymia	'Ambar'	(0,016–0,042) 0,038a	(0,016–0,06) 0,026a	(0,016–0,04) 0,029a
Rośliny jagodowe				
Aronia	–	(0,023–0,048) 0,031a	(0,017–0,048) 0,031a	(0,015–0,048) 0,029a
Porzeczka czarna	'Titania'	(0,028–0,110) 0,058a	(0,028–0,072) 0,051a	(0,028–0,048) 0,041a
Truskawka	'Senga Sengana'	(0,028–0,060) 0,040a	(0,024–0,048) 0,032b	(0,019–0,060) 0,031b

Objaśnienia – jak pod tabelą 1

DYSKUSJA

W doświadczeniu własnym zbadano zawartość metali ciężkich w świeżej masie owoców aronii, ponieważ jej plantacja znajdowała się stosunkowo blisko (około 12 km) dużej aglomeracji miejsko-przemysłowej jaką jest 400-tysięczna Bydgoszcz. Istnieją także mylne niepoparte przy tym żadnymi wynikami opinie, jakoby owoce tej rośliny kumulowały metale ciężkie, co wzięło swój początek z dość niefortunnego komunikatu w „Wiadomościach” telewizyjnych z 9 lipca 1990 roku o rzekomym skażeniu aronii metalami ciężkimi, o czym wspominają między innymi Hołubowicz [1991] i Eggert [1991]. Jak pisze Hołubowicz [1991] podana w TV informacja w dość skuteczny sposób odstraszyła wielu konsumentów od zakupu, przetwarzania i spożywania przetworów z owoców aronii i naraziła jednocześnie producentów owoców tego gatunku na duże straty. Jednocześnie już nie do wszystkich, którzy słyszeli ten komunikat dotarło późniejsze sprostowanie

o niewłaściwości informacji. Stwierdzony w badaniach własnych poziom metali ciężkich był bardzo niski: kadmu dwu- lub trzykrotnie niższy od dopuszczalnej normy, ołowiu – dziesięciokrotnie, a cynku – pięciokrotnie niższy od normy. Podobnie w badaniach Hołubowicza [1991] zawartość metali ciężkich w owocach aronii była znacznie poniżej obowiązujących w Polsce norm. Także Laurow [1994] podaje, iż owoce aronii są ubogie w szkodliwe dla organizmu metale ciężkie. Stwierdzono, że nawet owoce z plantacji położonej przy ruchliwej szosie Warszawa–Lublin zawierały mniej tych składników od dopuszczalnej normy. Ten sam autor cytuje również wyniki analiz soku aronii (z dn. 08.09.1992), które wykonali pracownicy ówczesnej Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Płocku. I tak, arsenu, cyny i miedzi nie wykryto tam w ogóle, a stwierdzony poziom ołowiu był blisko dwukrotnie niższy od normy. Także Hołubowicz [1991] cytuje dane z laboratoriów w Skierniewicach, Gdyni i innych regionów kraju o braku skażenia metalami ciężkimi owoców aronii.

Tabela 4. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach aronii
Table 4. Content of some heavy metals in chokeberry fruits

Źródło	Zawartość w świeżej masie (mg kg ⁻¹)		
	Cd	Pb	Zn
Hołubowicz [1991]	nie wykryto	0,05	2,23
Hołubowicz [1991]	0,009	nie wykryto	2,67
Badania własne	0,012 (0,011–0,015)	0,03 (0,029–0,031)	2,18 (1,65–2,71)
Norma graniczna obowiązująca w Polsce			
Od 1993	0,04	0,3	10,0
Od 2000	0,03	0,2	10,0

Warto w tym miejscu zaznaczyć, że występują znaczne różnice w ustalonych limitach zawartości tych pierwiastków pomiędzy ustawodawstwem krajowym a obowiązującym w innych państwach europejskich bądź projektami dokumentów FAO/WHO i Komisji Wspólnoty Europejskiej. Wymagania krajowe są znacznie bardziej rygorystyczne. Przykładowo, jak podają Wojciechowska-Mazurek i współautorzy [2001], maksymalna dopuszczalna zawartość kadmu dla owoców jagodowych (w mg kg⁻¹ świeżej masy) wynosi według: Rozporządzenia Ministra Zdrowia RP z 2000 r. 0,03, propozycji FAO/WHO 0,05, Rozporządzenia Komisji UE nr 466/2001 0,05, ustawodawstwa innych krajów europejskich 0,03–0,05.

Stwierdzony w badaniach własnych poziom metali ciężkich w owocach potwierdza niską skłonność porzeczki czarnej do kumulacji

tych pierwiastków. Nie przekroczone jednocześnie obowiązujących w Polsce norm dotyczących ich dopuszczalnej zawartości w owocach jagodowych. Zaliwski [1984] na podstawie wyników wielu innych autorów podaje, że przeciętna zawartość Zn w świeżej masie porzeczek wynosi $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$, zaś w innym miejscu na podstawie wyłącznie danych fińskich, Koivistoinena i współautorów wymienia $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$.

Tabela 5. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach porzeczek czarnej
Table 5. Content of some heavy metals in fruits of black currant

Źródło	Zawartość w świeżej masie (mg kg^{-1})		
	Cd	Pb	Zn
Rzekanowski i in. [1994]	0,01 (0,008–0,011)	0,153 (0,134–0,175)	3,38 (3,32–3,43)
Badania własne	0,017 (0,015–0,021)	0,050 (0,041–0,058)	2,53 (2,43–2,62)
Norma graniczna obowiązująca w Polsce			
Od 1993	0,04	0,3	10,0
Od 2000	0,03	0,2	10,0

Gobo i współautorzy [1996] stwierdzili u porzeczek czarnej najniższą, w porównaniu z czerwoną i białą, zawartość metali ciężkich. Należy przy tym zaznaczyć, że krzewy uprawiano w kombinacji z nawadnianiem i bez nawadniania w odległości zaledwie 300–400 m od ośrodka przemysłowego – niedaleko Nitry, na Słowacji. Jedynym pierwiastkiem, który w cytowanych badaniach przekroczył dozwolony poziom była miedź ($10,71 \text{ mg kg}^{-1}$). Zawartość Cd przewyższyła natomiast normę o 84% w owocach porzeczek białej i o 45,6–59,0% u czerwonej.

Tabela 6. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach truskawki uprawianej w warunkach nawadniania
Table 6. Content of some heavy metals in fruits of strawberry grown under irrigation

Źródło	Zawartość w świeżej masie (mg kg^{-1})		
	Cd	Pb	Zn
Rzekanowski i in. [1999]	0,037 (0,020–0,054)	0,133 (0,101–0,166)	1,70 (1,62–1,79)
Badania własne	0,020 (0,019–0,022)	0,031 (0,031–0,032)	1,27 (1,19–1,35)
Norma graniczna obowiązująca w Polsce			
Od 1993	0,04	0,3	10,0
Od 2000	0,03	0,2	10,0

Poziom oznaczanych w doświadczeniu z truskawką metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) kształtował się poniżej obowiązujących w naszym kraju norm, co należy ocenić pozytywnie. Bardzo korzystne jest także i to, że był on również niższy od stwierdzonego we wcześniejszych (1993–1995) badaniach własnych z deszczowaniem i nawadnianiem kropłowym truskawki tej samej odmiany [Rzekanowski i wsp. 1999]. Być może jest to w jakiejś mierze pozytywny symptom zmniejszającego się stopnia zanieczyszczenia środowiska naszego regionu.

Zanotowane zmiany w zawartości metali ciężkich w owocach cukini trzeba uznać za korzystne, gdyż użycie obydwu systemów nawadniania obniżyło ich zawartość w stosunku do nienawadnianej kontroli.

Zastosowane systemy nawadniania obniżyły zawartości poszczególnych metali ciężkich w owocach dyni olbrzymiej. W doświadczeniu własnym odmiana 'Ambar' wyróżniała się wysoką zawartością Cd, Pb i Zn. Wysoka kumulacja cynku przez korzenie buraka ćwikłowego może być tłumaczona występującą często u tego gatunku skłonnością do nadmiernego (tzw. „luksusowego”) pobierania pierwiastków [Łoginow i wsp. 1990].

WNIOSKI

1. Badane systemy mikronawodnieniowe istotnie obniżyły zawartość metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w świeżej masie owoców truskawki, nie oddziaływały natomiast w sposób udowodniony statystycznie na ich poziom w owocach aronii i porzeczki czarnej. Zawartość wspomnianych pierwiastków śladowych w świeżej masie owoców wszystkich trzech gatunków roślin jagodowych była zdecydowanie niższa od granicy poziomu obowiązujących w Polsce norm.

2. Pod wpływem mikronawodnień nastąpił spadek zawartości w świeżej masie owoców cukini i dyni olbrzymiej metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w stosunku do kontroli.

3. Nawadnianie nie wpływało istotnie na kumulację cynku w korzeniach buraka ćwikłowego i marchwi oraz strąkach fasoli szparagowej. W warunkach nawadniania wystąpiła jednak wyraźna tendencja do mniejszej zawartości tego pierwiastka w częściach jadalnych wszystkich trzech wspomnianych gatunków warzyw.

4. Zaznaczyła się różnicowana skłonność do kumulowania metali ciężkich przez badane gatunki warzyw. Spośród testowanych gatunków burak ćwikłowy najsilniej kumulował cynk.

BIBLIOGRAFIA

- Eggert P. *Aronia czarnoowocowa*. Sad Nowocz. 7, 1991, s. 26–28.
- Gobo A., Revayova D., Kovac J. *Contaminants in currants*. Zahradnictvi 23 (4), 1996, s. 133–136.
- Grabarczyk S. *Nowy przewód i dozator do nawadniania kroplowego*. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo 4, 1977, s. 13–19.
- Grabarczyk S., Rzekanowski C. *Przyrodnicze i techniczne przesłanki zastosowania nawadniania kroplowego w Polsce*. Kraj. Konf. Nauk. Tech., PAN i SGGW-AR Warszawa 1984, s. 21–29.
- Hołubowicz T. *Trudna droga introdukcji aronii w Polsce*. Sad Nowocz. 9, 1991, s. 25–27.
- Laurow Z. *Aronia czarnoowocowa*. Wyd. Fundacja 'Rozwój SGGW' Warszawa, 1994, s. 1–107.
- Łoginow W., Cwojdziniński W., Andrzejewski J. *Chemia rolna*. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz 1990, s. 1–171.
- Pierzgalski E., Jeznach J. *Stan i kierunki rozwoju mikronawodnień*. [w:] *Współczesne problemy melioracji*. Pr. zbior. pod red. C. Somorowskiego, SGGW Warszawa 1993, s. 35–42.
- Przybyła C., Kozaczyk P., Stachowski P. *Jakość wód dyspozycyjnych do nawodnień deszczownianych jezior Wysoczyzny Poznańskiej*. Przegl. Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środ. SGGW Warszawa 1996, 11, s. 103–110.
- Rolbiecki St., Rolbiecki R., Rzekanowski Cz. *Efektywność nawodnień kroplowych u wybranych gatunków roślin sadowniczych*. Inżynieria Rolnicza, 2003, 3(45), t. I, s. 151–160.
- Rolbiecki St., Rolbiecki R., Rzekanowski C. *Efektywność nawadniania kroplowego i deszczownianego w uprawie wybranych roślin warzywnych na glebie bardzo lekkiej*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2002, t. 2, z. 2(5), s. 87–94.
- Rzekanowski C., Rolbiecki St., Grabarczyk S. *Nawadniane plantacje czarnej porzeczki i truskawki jako alternatywa zalesiania gleby bardzo lekkiej*. Mat. Konf. Nauk., 1–2. XII. 1994, AR Poznań 1994, s. 161–170.
- Rzekanowski C., Rolbiecki St., Rolbiecki R. *Rola techniki nawodnień w kształtowaniu składu chemicznego plonu owoców truskawki*. Inżynieria Rolnicza, 1999, 5(11), t. I, s. 235–239.
- Wojciechowska-Mazurek M., Karłowski K., Starska K., Brulińska-Ostrowska E. *Kadm w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne*. Zesz. Nauk. Komitetu PAN Człowiek i Środow. 26, 2001, s. 337–351.
- Zaliwski S. *Intensywna produkcja owoców jagodowych i leszczynowych*. PWN, Warszawa 1984.

Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, Dr inż. Roman Rolbiecki
Katedra Melioracji i Agrometeorologii AR-T w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
tel. (052) 3749552
e-mail: rolbs@atr.bydgoszcz.pl

Recenzent: prof. dr hab. Krzysztof Ostrowski

INFLUENCE OF PRESSURE IRRIGATION ON THE CONTENT OF CHOSEN HEAVY METALS IN HORTICULTURAL CROPS

SUMMARY

The results of the studies from 1991-2001 on the impact of drip irrigation and microjet irrigation on the content of chosen heavy metals (Cd, Pb, Zn) in edible parts of some vegetables (red beet, zucchini, winter squash, snap bean, carrot) and berry-bearing species (chokeberry, black currant, strawberry) are presented in the paper. Field experiments were carried out in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz on a soil of V-VI valuation class. The clay content was 7 % in the top soil and from 3 to 5 % in the sub-soil. The average organic matter content was 1,19 %. The water reserve to 1 m depth of soil at field capacity was 88 mm and the available water 68 mm. The examined factor was irrigation. Three variants of irrigation have been examined: I – control (without irrigation), II – drip irrigation, III – micro-sprinkler irrigation at a soil moisture tension of up to - 0,03 MPa. It was found that irrigation significantly decreased the content of heavy metals in the fresh mass of strawberry fruits, but it influenced not significantly on this content in fruits of chokeberry and black currant. The content of examined elements in the fresh mass of zucchini and winter squash fruits was lower under irrigation than that of control. Irrigation insignificantly influenced the Zn content in roots of red beet and carrot as well as in pods of snap bean. But, under conditions of irrigation, the downward tendency of Zn content in edible parts of all the three mentioned species occurred. Examined species and cultivars were characterized by the different susceptibility to cumulation of heavy metals. From among species tested, red beet cumulated most strongly Zn.

Key words: drip irrigation, microjet irrigation, berry-bearing crops, vegetables, heavy metals, light soils