AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 108

Stanisław Rolbiecki

REAKCJA TRZECH GATUNKÓW ROŚLIN JAGODOWYCH UPRAWIANYCH NA BARDZO LEKKIEJ GLEBIE NA MIKRONAWODNIENIA

BYDGOSZCZ – 2003

REDAKTOR NACZELNY
dr hab. Lucyna Drozdowska, prof. nadzw. ATR

OPINIODAWCY
prof. dr hab. Augustyn Mika
prof. dr hab. Czesław Przybyła

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Michał Górecki, Ewa Olawińska

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
Bydgoszcz 2003

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. (052) 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@atr.bydgoszcz.pl http://www.atr.bydgoszcz.pl/~wyd

---

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 5.45. Ark. druk. 5,75. Papier druk. kl. III.
Oddano do druku i druk ukończono w maju 2003 r. Zamówienie 2/2003
Zakład Małej Poligrafii ATR, ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz

1. WSTĘP

Konieczność nawadniania wielu upraw w okresie niedoboru opadów przy ograniczonych zasobach wód dyspozycyjnych sprawia, że coraz większą rolę odgrywają wodooszczędne systemy nawodnieniowe [25, 28, 39, 40-43, 54, 80, 143, 157].

Zaliczany do mikronawodnień system kroplowy oraz mikrozraszanie (nawadnianie podkoronowe), z racji swych specyficznych walorów, doskonale nadają się do nawadniania rzędowych upraw jagodowych. Mogłyby one znaleźć zastosowanie przede wszystkim w Krainie Wielkich Dolin na glebach lekkich i bardzo lekkich o małej pojemności wodnej, których udział w ogólnym areale gruntów ornych stanowi około 35%. Występujące tu niskie opady atmosferyczne bądź też niekorzystny ich rozkład w okresie wegetacji uniemożliwiają osiąganie potencjalnie wysokich plonów [43]. Takie rośliny jagodowe jak truskawka, porzeczka czarna czy nieco mniej od nich znana, lecz zyskująca na znaczeniu aronia, charakteryzują się – jak większość upraw ogrodniczych – dość dużymi potrzebami wodnymi. Szacuje się bowiem, że rośliny te rosną i plonują najlepiej, gdy opady roczne wynoszą od 600 do 700 mm [23, 91, 195]. Liczne jednak plantacje tych roślin zlokalizowane są także w centralnej Polsce, gdzie średnie roczne opady atmosferyczne są znacznie niższe i wynoszą najczęściej od 500 do 550 mm, co ujemnie wpływa na plon. Polska należy do największych w Europie producentów owoców truskawek. Niestety, średnie plony wynoszą zaledwie 2,9 $t \cdot ha^{-1}$, podczas gdy na świecie zbiera się 12,8 $t \cdot ha^{-1}$ [100]. Polska dominuje również w produkcji owoców porzeczki czarnej, chociaż średni plon także nie jest zbyt wysoki. W 2000 roku kształtował się on przeciętnie w granicach około 4 ton z jednego hektara [99].

Ważnymi przesłankami uzasadniającymi podjęcie badań tu prezentowanych były takie cechy trzech wybranych gatunków roślin jagodowych, jak: duże potrzeby wodne, znaczny potencjał plonotwórczy, bardzo duże (bądź – u aronii – wzrastające) znaczenie gospodarcze, niezbyt wysokie wymagania glebowe oraz duża wartość biologiczna owoców. Hipoteza badawcza zakłada, że w warunkach luźnej gleby piaszczystej położonej w rejonie o niskich opadach atmosferycznych i wyposażonej w instalacje do nawodnień niskociśnieniowych (mikronawodnień) można z powodzeniem uprawiać aronię, porzeczkę czarną i truskawkę. Mogłoby to przyczynić się z jednej strony do wzrostu areału uprawy tych roślin oraz podniesienia i stabilizacji ich plonowania, z drugiej natomiast – do rozszerzenia możliwości wykorzystania gleb lekkich i bardzo lekkich.

Podstawowym celem niniejszej pracy było zbadanie reakcji wybranych gatunków roślin jagodowych (aronia, porzeczka czarna, truskawka) na nawadnianie kroplowe i podkoronowe (mikrozraszanie) w warunkach gleby zaliczanej do kompleksu żytniego bardzo słabego. Badania przeprowadzono w regionie bydgoskim, gdzie pogoda jest często posuszna i istnieje niekwestionowana potrzeba stosowania nawodnień uzupełniających [40-43, 77, 81, 116, 155, 156, 228].

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Aronia

Literatura naukowa opisująca aronię jest dość skromna [60, 62, 63, 79, 84, 170, 203, 204]. Przeważają natomiast prace o charakterze popularnonaukowym [17, 18, 26, 29, 30, 59, 87, 88, 90, 109, 146, 147, 173, 188, 215, 224]. Niewiele jest przy tym informacji dotyczących potrzeb wodnych aronii, a istniejące są bardzo lakoniczne [17, 18, 29, 146, 147, 173].

2.1.1. Potrzeby wodne aronii

Eggert [29] pisze, że aronia jest w dużym stopniu tolerancyjna zarówno na brak, jak i nadmiar wilgoci, a dzięki silnemu systemowi korzeniowemu rośnie dobrze na glebach o niskim bądź wysokim poziomie wody gruntowej. Jednakże, zdaniem wspomnianego autora, ujemny wpływ na wysokość plonu i jakość owoców (gorzknienie) mogą mieć długotrwałe susze, szczególnie latem (lipiec), podczas fazy intensywnego wzrostu owoców. Opinie te potwierdzają także inni autorzy [17, 18, 90, 146] wskazując na to, że niedostatek wilgoci w okresie wegetacyjnym powoduje słaby rozwój krzewów, obniża urodzaj i pogarsza jakość owoców, które drobnieją, marszczą się i są bardzo lekkie. Z kolei Rejman [170] podaje, że z powodu płytkiego systemu korzeniowego aronia ma duże wymagania wodne, zaś niedostatek wody wyraźnie obniża jej plony.

Szacuje się, że roczne zapotrzebowanie na wodę u aronii wynosi od 500 do 600 mm [29, 146]. Zdaniem Ostalskiego [146] aronia owocuje najobficiej, a jakość jej owoców jest najlepsza przy opadach wahających się od 280 do 350 mm w okresie wegetacji. Wspomniany autor zwraca jednocześnie uwagę na to, że wiosną szczególnie istotne znaczenie mają opady w okresie rozwoju pąków i kształtowania się liści oraz wzrostu pędów i formowania się owoców, zaś jesienny deficyt wilgotności może prowadzić do obniżenia mrozoodporności pędów i korzeni.

2.1.2. Nawadnianie aronii

W dostępnej literaturze istnieją skromne informacje o efektach nawadniania aronii, a tylko w dwu publikacjach zaleca się bądź to nawadnianie (dosłownie: „podlewanie") tej rośliny w przypadku wystąpienia suszy [147], bądź też zraszanie jej za pomocą deszczowni podczas dłuższych okresów suszy, w czasie od kwitnienia do pełnego wykształcenia się owoców [146]. W innej natomiast pracy [26] proponuje się z kolei zastosowanie nawodnienia podpowierzchniowego na plantacjach aronii przeznaczonych do zbioru owoców za pomocą kombajnów, ponieważ napowierzchniowe rurociągi nawadniające mogłyby ulec zniszczeniu.

2.2. Porzeczka czarna

2.2.1. Potrzeby wodne porzeczki czarnej

Porzeczka czarna zaliczana jest do grupy roślin sadowniczych charakteryzujących się największymi wymaganiami wodnymi [130, 131]. Według Kluczyńskiej [91] roczne opady w Polsce rzędu 500-700 mm zapewniają porzeczkom właściwą wilgotność gleby. Zdaniem Słowika [195] dostateczną ilość wody dla roślin jagodowych (w tym porzeczki) uprawianych w warunkach klimatycznych zbliżonych do klimatu Polski zapewniają opady wyższe, mieszczące się w granicach od 700 do 800 mm. Dzieżyc [28] pisze, że „roczne potrzeby wodne tych roślin wynoszą około 350-400 mm". Wydaje się jednak, że w tym ostatnim przypadku chodzi raczej o okres wegetacyjny, aniżeli rok. Zaliwski [227] podaje natomiast, że opady okresu wegetacyjnego (IV-IX) powinny wynosić dla porzeczki od 370 do 420 mm. Zapotrzebowanie tej rośliny na wodę jest jednak zróżnicowane w okresie wegetacji. Optimum dla krzewów jagodowych wynosi, zdaniem cytowanego autora 400 mm, a najwyższe miesięczne potrzeby opadowe (80 mm) występują w maju i czerwcu. W lipcu powinny one wynosić 70 mm, w kwietniu i sierpniu 60 mm, a we wrześniu już tylko 50 mm. Dobowe wartości zużycia wody z górnej warstwy gleby przez krzewy jagodowe (w tym porzeczki) w okresie od kwietnia do września podał Drupka [24]. Autor ten uzależnił zużycie wody od temperatury powietrza oraz retencyjnych właściwości gleby, dzieląc je na dwie kategorie – o dobrej pojemności wodnej i o małej retencyjności. Opierając się na podanej przez Drupkę metodzie, Rzekanowski i wsp. [186] dokonali oceny potrzeb i niedoborów wodnych krzewów jagodowych w rejonie Bydgoszczy. Tak obliczone potrzeby wodne porzeczki (w okresie od 1 kwietnia do 30 września) wynoszą, zdaniem wspomnianych autorów 436 mm, w roku średnim na glebach o podłożu zwięzłym, zaś 511 mm na glebach o podłożu piaszczystym. Niedobory wodne porzeczki kształtują się w tych rejonach na poziomie odpowiednio 117 i 192 mm. Znacznie wyższe potrzeby wodne (470 bądź 542 mm) występują w latach suchych. Niedobory wodne wzrastają wtedy do 292 bądź nawet do 364 mm.

Sakshaug i Ingvarsson [189] podają z kolei, że w wielu doświadczeniach wykazano dużą wrażliwość porzeczki czarnej na niedobór wody w okresie zawiązywania owoców i intensywnego wzrostu oraz w czasie wykształcania owoców, a także zawiązywania pąków kwiatowych. Zdaniem Zaliwskiego [227] wymagania wodne porzeczki czarnej – podobnie jak u pozostałych jagodowych – kształtują się następująco: w fazach wzrostowych – wymaga ona optymalnego uwilgotnienia, w fazie dojrzewania owoców – nieznacznego stresu uwilgocenia, zaś w fazie zakładania pąków – zwiększonego stresu i niewielkich opadów.

2.2.2. Nawadnianie porzeczki czarnej

W dostępnej literaturze traktującej o nawadnianiu porzeczki czarnej, najliczniej z tego zakresu reprezentowane są wyniki badań przeprowadzonych w Europie, a z krajów pozaeuropejskich takie informacje znaleziono jedynie dla Kazachstanu [165], Australii [225] i Nowej Zelandii [132, 133, 206, 207, 208, 209]. Na naszym kontynencie doświadczenia z nawadnianiem tej rośliny przeprowadzono, m.in. w Wielkiej Brytanii [36, 68, 71, 72], Francji [108], Danii [21, 48, 148], Norwegii [93, 97], Szwecji [107, 189], Finlandii [141], Niemczech [11, 57, 58], Słowacji [35, 64-67], Rosji [33, 70, 121, 122, 218], na Ukrainie [163] i w Polsce [106, 130, 131, 198, 199, 200].

W cytowanych badaniach nawadniano porzeczkę czarną za pomocą systemu smużnego bezodpływowego [106], deszczowania [53, 122, 218], mikrozraszania (minizraszania) [200] bądź nawadniania kroplowego [21, 48, 58, 66, 71, 72, 130, 131, 141, 148, 163, 189, 198, 199].

Stosowane w uprawie porzeczki czarnej nawadnianie uzupełniało naturalne opady atmosferyczne. Podejmowano jednak również próby wykorzystania urządzeń nawadniających także i do innych celów, m.in. takich jak: ochrona przed przymrozkami [92, 200], regulacja mikroklimatu plantacji [218], przeciwdziałanie opadaniu owoców [107] bądź zwalczanie chorób i szkodników porzeczki czarnej [53].

W przeprowadzonych doświadczeniach z nawadnianiem, reakcję porzeczki czarnej na ten zabieg porównywano często także z reakcją innych roślin sadowniczych, takich jak: porzeczka czerwona [57, 58, 64, 66, 106], porzeczka biała [35, 64, 66, 106, 141], agrest [106], malina [72, 106], truskawka [198] i jabłoń [21, 53, 93].

W badaniach nawodnieniowych obejmujących wyłącznie porzeczkę czarną, testowano najczęściej tylko jedną wybraną odmianę uprawną [36, 70, 72, 97, 133, 189, 206, 207, 209, 218] lub też dwie [65, 67, 68, 130, 131, 163, 200] bądź trzy odmiany [57, 58, 64, 66, 107, 148]. W niektórych jednak doświadczeniach badano znacznie większą ich liczbę, wynoszącą 18 [132], 22 [71], a nawet 36 odmian [33].

W przeprowadzonych z porzeczką czarną doświadczeniach analizowano również równolegle, poza nawadnianiem oraz wspomnianymi już różnymi odmianami uprawnymi – bądź nawet rodami hodowlanymi [67] – także i wpływ niektórych innych czynników, m.in. takich jak: zróżnicowane nawożenie azotowe [36, 148], nawożenie różnymi dawkami osadów ściekowych [97], nawadnianie ściekami komunalnymi [106], zróżnicowaną gęstość nasadzenia (obsadę) krzewów [64, 68, 165], różną wielkość sadzonek [21], stosowanie (bądź nie) domieszki torfu w doły przy sadzeniu roślin [21], cięcie (lub jego brak) krzewów [21, 36, 48], ściółkowanie powierzchni gleby słomą wzdłuż rzędów [68], różne metody nawożenia mineralnego – fertygacja, bądź rozsiewanie powierzchniowe [48, 148] i usuwanie części listowia z krzewów, będące symulacją szkód powstałych przy zbiorze maszynowym [68].

W przypadku nawadniania stosowanego w celu uzupełnienia deficytu wody w glebie do poziomu optymalnego, zabieg ten w większości zagranicznych doświadczeń istotnie zwiększał plony handlowe porzeczki czarnej (tab. 1). W niektórych jednak przypadkach odnotowano brak wpływu nawadniania na plonowanie lub też oddziaływanie tego zabiegu było niewielkie bądź nieistotne [68, 107, 189]. Generalnie, większe zwyżki plonów porzeczki czarnej osiągano dzięki nawadnianiu prowadzonemu w cieplejszych strefach klimatycznych [209] bądź też w sytuacji, gdy doświadczenia przeprowadzono w warunkach klimatu europejskiego – w latach posusznych [72, 148]. W sezonach wilgotnych nawadnianie z reguły nie oddziaływało istotnie na plony porzeczki [68, 148], chociaż były również pojedyncze przypadki całkowicie odmienne [36]. Brak wpływu nawadniania na plony porzeczki spowodowany był, poza wzmiankowaną już wcześniej wystarczającą ilością opadów atmosferycznych w okresie wegetacji, także wysoką pojemnością wodną gleby [68, 189], systemem utrzymania międzyrzędzi i gęstością nasadzeń [68], bądź też niską koncentracją azotu w liściach [97]. W przypadku wielu doświadczeń zaznaczyła się zróżnicowana reakcja poszczególnych odmian uprawnych porzeczki czarnej na nawadnianie [36, 57, 58, 64, 66, 148].

Tabela 1. Wpływ nawadniania na plonowanie porzeczki czarnej w niektórych doświadczeniach zagranicznych

Table 1. Influence of irrigation on yields of black currant in some foreign experiments

Autor Author	Rok wydania Year of publication	Kraj Country	Odmiana Cultivar	Liczba lat No of years	O	Przyrost plonu Yield increase		
					$t \cdot ha^{-1}$	Zakres, $t \cdot ha^{-1}$ Range, $t \cdot ha^{-1}$	Średnio, $t \cdot ha^{-1}$ Mean, $t \cdot ha^{-1}$	%
Ostermann, Hansen	1988	Dania Denmark	'Roodknop'	2	4,5	1,9-5,0	3,45	77
			'Baldwin'	2	3,1	1,5-3,0	2,25	73
			'Black Reward'	2	4,7	1,2-2,7	1,95	42
			Średnio-Mean	2	4,1	1,5-3,6	3,47	85
Stoker, McCarthy	1986	N. Zelandia N. Zealand	'Magnus'	4	3,0	6,3-7,2	6,75	225
Stoker	1983		'Magnus'	2	0,4	0,4-0,6	0,5	118
Goode, Hyrycz	1970	W. Brytania G. Britain	'Amos Black'	5[1]	14,6	11,7-18,1	14,9	102
			Średnio-Mean	5		-		55
Ingram	1975		'Baldwin'	3[3]	6,2	-	4,7	80
Ingram	1976		'Baldwin'	3	7,1	4,7-9,3	7,5	105
Hughes	1976		'Baldwin'	5	Nieistotny przyrost plonu Not significant yield increase			
			'Wellington XXX'	5				
Blasse	1977	Niemcy Germany	-	-	Nieistotny przyrost plonu Not significant yield increase			
Hofmann	1991		'Wusil'[4]	8	Niższy przyrost niż u cv. 'Bogatyr' Lower increase than for cv.'Bogatyr'			
			'Lowes Auslese'	8				
			'Bogatyr'	8	-	1,0-1,5	1,2	-
Hofmann	1995		'Titania'	4	Najwyższy przyrost plonu Highest yield increase			
			'Ben Nevis'	4	Niższy przyrost niż u cv. 'Titania' Lower increase than for cv. 'Titania'			
			'Ben Lomond'	4				
Hričovský, Baxa	1993	Słowacja Slovakia	'Silvergieterova'	3	2,4	0-1,6	1,0	42
			'Otelo'	3	4,2	0,5-0,6	0,5	13
			'Eva'	3	3,3	0,1-2,5	1,6	49
			Średnio-Mean	3	3,3	0,7-1,4	1,0	32
Hričovský	1990		'Otelo'[5]	4	3,4	0,5-0,6	0,5	16
			'Eva'	4	2,7	0-2,5	1,2	45
			'Silvergieterova'	4	1,8	0-1,3	0,7	42
			Średnio-Mean	4	2,7	0,2-1,4	0,7	27
Hričovský	1995		'Otelo'[5]	1	-			20
			'Favorit'	1				
Kongsrud	1986	Norwegia Norway	'Silvergieter'	5	6,8	-0,7-1,9	0,6	9
Sakshaug, Ingvarsson	1986	Szwecja Sweden	'Ojebyn'	-	Nieistotny przyrost plonu Not significant yield increase			
Kühn	1988		'Ben Nevis'	1	Nieistotny przyrost plonu Not significant yield increase			
			'Ben Lomond'	1				
			'Malling Jet'	1	1,9[6]	-	0,3	14

O – plon na poletkach kontrolnych – yield on control plots; [1]– dane z ostatniego roku badań – data from the last study year; [2]– brak danych – lack of data; [3]– dane dotyczą 1 roku – data on 1 year; [4]– syn. 'Silvergieters Schwarze'; [5]– syn. 'Othello'; [6]– plon w kg z 1 krzewu – yield (kg) per bush

W eksperymentach polowych z porzeczką czarną przeprowadzonych w Polsce, przyrost plonu handlowego uzyskany dzięki nawadnianiu wyniósł, średnio w poszczególnych okresach badań, od 0,1 t·ha^{-1} (2%) do 2,9 t·ha^{-1} (21%) (tab. 2). W obu doświadczeniach z nawadnianiem kroplowym [130, 131, 198, 200] znacznie słabiej – w porównaniu z odmianą 'Roodknop' – reagowała na nawadnianie odmiana 'Ojebyn'. Wynik ten znajduje potwierdzenie w rezultatach eksperymentów z tą samą odmianą uzyskanych w warunkach Szwecji przez Sakshauga i Ingvarssona [189]. Dobrą z kolei reakcję na nawadnianie kroplowe u odmiany 'Roodknop' potwierdzają badania przeprowadzone przez Ostermanna i Hansena w Danii [148]. Brak takiego wpływu na plonowanie porzeczki czarnej w doświadczeniach Kutery i Skwierczyńskiej [106] spowodowany był najprawdopodobniej przez zaistniały w tych warunkach niedobór składników pokarmowych u roślin porzeczki, bowiem wraz z obfitym nawadnianiem wodą czystą (jednorazowe dawki polewowe rzędu 40-60 mm) nie stosowano odpowiedniego nawożenia mineralnego.

Tabela 2. Wpływ nawadniania na plonowanie porzeczki czarnej w niektórych doświadczeniach polskich
Table 2. Influence of irrigation on yields of black currant in some Polish experiments

Autor Author	Rok wydania Year of publication	Odmiana Cultivar	Liczba lat No of years	O	Przyrost plonu – Yield increase		
				t·ha^{-1}	Zakres, t·ha^{-1} Range, t·ha^{-1}	Średnio, t·ha^{-1} Mean, t·ha^{-1}	%
Kutera, Skwierczyńska	1970	'Czarna Goliath'	7	6,7	Nieistotny przyrost plonu Not significant yield increase		
Rzekanowski Rolbiecki Grabarczyk	1994	'Titania'	2	1,2[1]	1,6-2,4	2,0	167
Mazur, Hołysz	1993	'Ojebyn'	7	8,1	Nieistotny przyrost plonu Not significant yield increase		
		'Roodknop'	7	9,2	1,2-1,4	1,31	14
Słowik, Chlebowska	1984	'Ojebyn'	1[2]	8,4	0,8-1,8	1,2	15
			5	4,2	-0,3-0,3	0,1	2
		'Roodknop'	1[2]	14,1	1,1-4,7	2,9	21
			5	6,0	0,5-1,0	0,7	12
		Średnio-Mean	5	5,1	0,1-0,7	0,4	8

O – plon na poletkach kontrolnych – yield on control plots; [1]– plony łączne z lat 1993-1994 – total yields from 1993-1994; [2]– dane z ostatniego roku badań – data from the last study year

Otrzymany dzięki nawadnianiu wzrost plonów handlowych porzeczki czarnej spowodowany był najczęściej zwiększeniem średniej masy (wielkości) pojedynczego owocu [36, 57, 58, 67, 132, 148, 209] oraz liczby owoców w gronie [36, 57, 97], a w konsekwencji wzrostem ciężaru grona [57, 58, 66, 67]. W niektórych jednak przypadkach oddziaływanie nawadniania na wspomniane cechy było nieistotne [68, 107, 130, 131, 225].

Przedmiotem badań niektórych autorów [33, 35, 57, 58, 64, 132, 133, 209] był także wpływ nawadniania na jakość owoców porzeczki czarnej. Zebrane z nawadnia-

nych krzewów owoce charakteryzowały się niekiedy (zwłaszcza w sezonach suchych) niższą zawartością cukrów bądź soli rozpuszczalnych [209]. Często jednak, szczególnie w wilgotnych sezonach, nawadnianie nie oddziaływało istotnie i w sposób ukierunkowany na poziom suchej masy bądź cukrów [57, 58, 133].

Wielu autorów zwraca uwagę na fakt, że warunkiem wysokiego plonowania porzeczki czarnej jest jej prawidłowy wzrost i rozwój [36, 58]. W związku z tym spora liczba prac z zakresu nawadniania porzeczki czarnej dotyczy wzrostu i rozwoju krzewów [21, 36, 48, 57, 58, 65, 67, 68, 70, 71, 97, 130, 131, 141, 148, 165, 189, 218]. W większości doświadczeń badano oddziaływanie nawadniania zarówno na wzrost porzeczki, jak i na jej plonowanie [36, 57, 58, 65, 67, 68, 93, 97, 130, 131, 148, 165]. W innych natomiast opracowaniach rozpatrywano wyłącznie wpływ nawadniania na wzrost bądź rozwój roślin [21, 48, 70, 141, 218]. Większość autorów odnotowała pozytywny wpływ nawadniania na poszczególne parametry wzrostu porzeczki czarnej (m.in. wysokość, szerokość i masa krzewów; długość, średnica, masa i liczba pędów jednorocznych; powierzchnia liścia; liczba pąków bądź kwiatów na pędzie lub w gronie). W przypadku kilku doświadczeń nawadnianie zwiększało wzrost pędów porzeczki czarnej uprawianej na glebie o niskiej pojemności wodnej [36, 93, 94, 141, 148]. Natomiast w doświadczeniach przeprowadzonych na glebach o dużej pojemności wodnej, nawadnianie nie miało wpływu na wzrost pędów [68, 141, 189]. W badaniach Ostermanna i Hansena [148] oraz Hughesa [68] zaznaczył się dodatkowo wpływ warunków opadowych na wspomniane cechy, bowiem w latach suchych (1984 i 1986) wzrost pędów na roślinach nawadnianych był znacznie większy niż w roku wilgotnym (1985). Z kolei w eksperymentach innych autorów [36] zabieg ten zwiększył wzrost pędów porzeczki czarnej nawet w latach względnie wilgotnych.

Z reguły nawadnianie prowadzono opierając się na pomiarach wilgotności gleby, stosując do tego celu tensjometry [68, 130, 131], metodę neutronową [57], grawimetryczną [133] bądź też metodę oporową z wykorzystaniem bloków gipsowych [141]. Z powodzeniem także nawadniano porzeczkę czarną z ustaloną częstotliwością (co 5-7 dni) dawką wynoszącą 75% parowania z powierzchni wody, mierzonego za pomocą ewaporometru GGI-3000 [163]. W niektórych doświadczeniach nawadnianie porzeczki czarnej wykonywano w wybranych fenofazach [131, 189]. Przykładowo w Szwecji [189] stosowano je w następujących wariantach: 1 – od pękania pąków do końca kwitnienia, 2 – od kwitnienia do wybarwienia owoców, 3 – od wybarwienia owoców do początku zbiorów, 4 – od pękania pąków do początku zbiorów. W Polsce natomiast Mazur i Hołysz [131] prowadzili nawadnianie porzeczki w następujących kombinacjach: 1 – od zakończenia kwitnienia do początku zabarwiania owoców, 2 – od początku zabarwiania owoców do początku zbiorów, 3 – od zakończenia kwitnienia do zakończenia wzrostu pędów.

2.3. Truskawka

2.3.1. Potrzeby wodne truskawki

Truskawka należy do grupy roślin jagodowych o największych wymaganiach wodnych, wrażliwych na niedostatek wody w glebie i najsilniej reagujących na suszę [23, 28, 166]. Wrażliwość na niedobór wody związana jest głównie z tym, że korzenie jej rozrastają się przede wszystkim w stosunkowo najszybciej wysychających, po-

wierzchniowych warstwach gleby (90% masy korzeni w warstwie 0-30 cm) [23, 104, 118, 166, 196].

Według Drupki [23] wczesne odmiany truskawek do normalnego wzrostu i plonowania potrzebują rocznie około 680 mm opadów atmosferycznych, zaś późne – 725. Zdaniem Shoemakera – za Rebandel [166] – jeżeli rozkład opadów atmosferycznych jest dla truskawki korzystny, a woda opadowa zostaje przez nią w pełni wykorzystana, to do dobrego plonowania tej rośliny wystarczy już tylko 510 mm opadów w roku. Dla porównania Ivanov [75] podaje, że roczne zużycie wody w Bułgarii wahało się od 726 do 795 mm, zależnie od czynników ekologicznych, biologicznych i nawadniania.

Zaliwski [227] uważa, że do początku kwitnienia truskawka wymaga w warunkach klimatycznych Polski około 120-140 mm, w zależności od typu gleby i temperatury powietrza. W trwającej około miesiąca fazie kwitnienia opady nie powinny przekraczać 60 mm, zaś po zbiorze mogą wzrosnąć do 90 mm ze względu na tworzenie się rozłogowych rozetek i nowych liści. W okresie inicjacji pąków kwiatowych wystarczające są opady rzędu 50-70 mm, ponieważ nieznaczne obniżenie dostępności wody dla korzeni stymuluje bardziej intensywną fotosyntezę i zakładanie (tworzenie się) pąków kwiatowych (od połowy sierpnia do końca września).

Dzieżyc [28] podaje, że w okresie wegetacji (IV-IX) truskawka wymaga od 550 do 650 mm opadu. Według Zaliwskiego [227] opady okresu wegetacyjnego dla truskawki powinny wynosić około 370-400 mm. Drupka [23] natomiast szacuje optymalne ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji truskawki na 505 mm dla odmian wczesnych oraz 564 mm dla późnych. Dla porównania, Giovanardi i Testolin [34] określają dla okolic Padwy średnie zużycie wody w okresie wegetacji truskawki na 485 mm. Zdaniem Lemaitre [111] zapotrzebowanie na wodę w warunkach Belgii wynosi w sezonie wegetacyjnym (marzec-listopad) średnio 415 mm, lecz autor ten zwraca jednocześnie uwagę na fakt, że roczne i miesięczne potrzeby opadowe mogą niekiedy wykazywać znaczne zróżnicowanie. O różnych potrzebach wodnych u poszczególnych odmian uprawnych truskawki w warunkach niemieckich donosi Blasse [10].

Przeciętne niedobory wody na plantacjach truskawek w warunkach klimatycznych Polski wynoszą według Drupki [23] 159 mm u odmian wczesnych i 219 mm u późnych. Makosz [118] natomiast opierając się na wyliczeniach Drupki szacuje, że w Polsce niedobór wody w okresie kwiecień-wrzesień wynosi dla odmian wczesnych 185 mm, a dla późnych – 260 mm, zaś Słowik i Klimczak [197], iż jest to odpowiednio 160 i 220 mm. Podobne wielkości podaje dla warunków niemieckich Maurer [128]: dla wczesnych odmian truskawek – 150 mm, a dla późnych wysokoplennych – 215 mm. Zdaniem Dzieżyca [28], wspomniany niedobór opadów waha się zależnie od roku i rejonu od 150 do 250 mm. Okres największego zapotrzebowania na wodę (faza kwitnienia i wykształcania jagód) u odmian wczesnych przypada, według cytowanego autora, na okres od 15 maja do 15 czerwca, zaś u późnych od 15 czerwca do 15 lipca. Według Drupki [23] największy niedobór wody na plantacjach truskawek występuje w czerwcu i wynosi 51 mm dla odmian wczesnych, a 63 mm dla późnych (na dobę odpowiednio 1,7 i 2,1 mm). W tym okresie zużywają one w ciągu doby na drodze ewapotranspiracji około 4 mm (odmiany wczesne) bądź 4,5 mm (późne). Cytowani przez Rebandel [166] badacze amerykańscy oceniają maksymalne zużycie wody na 3,8 do 5 mm na dobę. Z kolei w badaniach włoskich [159] dobowe zużycie wody wynosiło maksymalnie 3,6 mm, zaś według cytowanych przez Słowika [195] Krammera i Schulza kształtowało się ono od 3 do 5 mm. W badaniach Ivanova [75] dzienne zużycie wody wahało się natomiast od 1,92 do 4,48 mm.

Korzystając z metody Drupki, Rzekanowski i wsp. [186] przeprowadzili ocenę potrzeb i niedoborów wodnych truskawki w rejonie Bydgoszczy w latach 1971-1995. Wynika z niej, iż przy średnich za ten okres opadach atmosferycznych wynoszących 319 mm, niedobory wody dla truskawek wynosiły zależnie od jakości gleby od 192 do 219 mm. W latach suchych wspomniane niedobory znacznie się powiększały, osiągając odpowiednio 366 i 393 mm.

2.3.2. Nawadnianie truskawki

Nawadnianie truskawki prowadzono przede wszystkim w celu zaspokojenia dużych potrzeb wodnych tej rośliny i pokrycia pojawiających się w okresie wegetacji deficytów opadów atmosferycznych. W tabeli 3 przedstawiono – opierając się na wybranych informacjach zebranych w dostępnej literaturze zagranicznej – syntezę efektów produkcyjnych zastosowania nawodnień w uprawie truskawki. Nawadnianie było czynnikiem zwiększającym wysokość uzyskiwanych plonów owoców. Przyrosty te w odniesieniu do poletek kontrolnych (bez nawadniania) wynosiły przeciętnie ponad 5 $t \cdot ha^{-1}$ (więcej niż 40%). Wahały się one jednak zależnie od szeregu czynników takich jak: region, wysokość opadów atmosferycznych, gleba, metoda nawadniania, wysokość dawki nawodnieniowej, częstotliwość nawadniania, odmiana uprawna, obsada roślin, wysokość nawożenia mineralnego, rodzaj i sposób dostarczania nawozu (rozsiew bądź fertygacja), rodzaj okrywy glebowej (folia, ugór herbicydowy, słoma, koniczyna biała) i ochrona roślin, w bardzo szerokich granicach od -0,15 do 22,07 $t \cdot ha^{-1}$.

W dostępnej, dość obszernej, zagranicznej literaturze z zakresu nawadniania truskawki, spora liczba prac dotyczy porównania efektywności zastosowania różnych systemów nawodnieniowych [1, 6, 9, 15, 82, 95, 112, 113, 114, 139, 159, 191, 216].

Myers i Locascio [139] porównując w warunkach Florydy efekty nawadniania bruzdowego, deszczownianego i kroplowego nie uzyskali istotnych różnic w plonie. Jednak zużycie wody przy metodzie kroplowej było o 50% niższe od pozostałych. W innych badaniach [113] wspomniani autorzy otrzymali na poletkach nawadnianych kroplowo plon owoców wyższy o 20-25% od deszczowanych, zaś o 40-50% większy od zebranego z poletek kontrolnych. Zużycie wody w systemie kroplowym stanowiło 34 bądź 48% wody rozdeszczowanej. W badaniach Locascio i wsp. [114] wzrost plonu przy systemie kroplowym wynosił 37%, a przy deszczowaniu 34% w stosunku do poletek nie nawadnianych. W przypadku gdy nawożenie azotowe i potasowe stosowano tradycyjnie (wysiew), to przy nawodnieniu kroplowym uzyskano 2% wzrost plonu w porównaniu z deszczowaniem i 30% w odniesieniu do obiektów kontrolnych. Podawanie natomiast połowy dawki N i K łącznie z wodą (na drodze fertygacji) zwiększyło plon odpowiednio o 20 i 5%.

W Turcji [82] w trzyletnich badaniach z odmianą ‘Pocohontas’, nawadnianie kroplowe zwiększyło plon w stosunku do systemu bruzdowego, przy równocześnie niższym o 35% zużyciu wody. Potwierdzają to wyniki otrzymane przez Tekinela i wsp. [216], którzy – również w Turcji i w tych samych warunkach – zanotowali najwyższe plony i najlepszą jakość owoców przy metodzie kroplowej. System kroplowy wykazał także w porównaniu z metodami grawitacyjnymi niższe zużycie wody.

We Włoszech [15] porównywano szereg (13) różnych metod nawadniania truskawki nie stwierdzając istotnych różnic pomiędzy nimi. Miały one bowiem podobną efektywność, szczególnie gdy zastosowano równe dawki wody.

Tabela 3. Wpływ nawadniania na plonowanie truskawki wykazany w niektórych doświadczeniach zagranicznych
Table 3. Influence of irrigation on yields of strawberry indicated in some foreign experiments

Autor Author	Rok wydania Year of publication	Kraj Country	Odmiana Cultivar	Liczba lat No of years	O	Przyrost plonu Yield increase		
					$t \cdot ha^{-1}$	Zakres, $t \cdot ha^{-1}$ Range, $t \cdot ha^{-1}$	Średnio, $t \cdot ha^{-1}$ Mean, $t \cdot ha^{-1}$	%
Blasse	1977	Niemcy Germany	'Senga Sengana'	-	8,45[1]	2,6-3,1	2,85	34
					19,1[2]	1,7-2,6	2,15	11
			Średnio-Mean		13,77	1,7-3,1	2,50	18
Strabbioli	1985	Włochy Italy	'Aliso', 'Tuft'	-	17,25	3,30-10,45	6,87	40
Pražak	1979	Czechy Czech	'Senga Sengana'	3	9,57	-	6,60	69
Krüger, Schmidt Brückner	1999	Niemcy Germany	'Elsanta'	3	6,82	0,62-0,97	0,79	12
			'Honeoye'	3	4,26	0,77-0,92	0,84	20
			Średnio-Mean	3	5,54	0,62-0,97	0,81	15
Nissen, Hoffmann	1998	Chile	'Pajaro'	2	1,09	-	3,26	298
Matuškovič	1994	Słowacja Slovakia	'Senga Sengana'	3	7,09	6,70-8,13	7,59	107
	1996		'Senga Sengana'[3]	4	20,26	0,32-17,3	7,98	39
			'Senga Sengana'[4]	4	20,26	0,05-22,07	11,48	57
			'Senga Sengana'[5]	4	20,26	-0,15-4,14	8,38	41
			Średnio-Mean	4	20,26	7,98-11,48	9,28	46
	1999		'Senga Sengana'	3	16,77	2,56-6,82	4,23	25
			'Lidka'	3	10,53	2,34-5,30	4,27	41
			Średnio-Mean	3	13,65	2,34-6,82	4,25	31
	1999		'Senga Sengana'[6]	3	16,38	1,62-6,48	3,70	23
			'Senga Sengana'[7]	3	17,84	0,92-6,30	3,90	22
			'Senga Sengana'[8]	3	16,08	3,78-7,68	5,12	32
			'Senga Sengana'[9]	3	16,38	4,62-7,10	6,00	37
			'Senga Sengana'[10]	3	17,84	3,60-7,32	5,44	30
			'Senga Sengana'[11]	3	16,08	6,30-9,00	7,76	48
			Średnio-Mean	3	16,77	0,92-9,00	5,32	32
			Średnio-Mean	X	13,81	X	5,22	38

O – plon z poletek nie nawadnianych – yield from control plots; [1]– gleba lekka – light soil; [2]– gleba ciężka – heavy soil; [3], [4], [5]– odpowiednio: nawadnianie przy 50 kPa, 30 kPa, 20 kPa; [3], [4], [5]– irrigation at 50 kPa, 30 kPa, 20kPa, respectively; [6]– nawadnianie przy 50 kPa, bez nawozu Titavin; [6]– irrigation at 50 kPa, without fertilizer Titavin; [7]– Titavin (2x) i nawadnianie przy 50 kPa; [7]– with Titavin (2x) and irrigation at 50 kPa; [8]– Titavin (4x) i nawadnianie przy 50 kPa; [8]– with Titavin (4x) and irrigation at 50 kPa;[9] – nawadnianie przy 30 kPa, bez nawozu Titavin; [9]– irrigation at 30 kPa, without fertilizer Titavin; [10]– Titavin (2x) i nawadnianie przy 30 kPa; [10]– with Titavin (2x) and irrigation at 30 kPa; [11]– Titavin (4x) i nawadnianie przy 30 kPa; [11]– with Titavin (4x) and irrigation at 30 kPa

Zdaniem autorów eksperymentu, głównym czynnikiem nawodnieniowym podnoszącym poziom plonów jest ilość wody glebowej dostępnej dla roślin. Inni autorzy

włoscy [159] uzyskali zarówno w odniesieniu do nawadniania podsiąkowego, jak i obiektów kontrolnych istotnie wyższe plony dobrej jakości przy nawadnianiu kroplowym. Zużycie wody przez rośliny było, w porównaniu z systemem kroplowym, niższe przy nawadnianiu podsiąkowym.

Ettinger [32] uważa natomiast, że w uprawie truskawki na glebach piaszczystych w Izraelu deszczowanie wydaje się być lepsze niż nawadnianie kroplowe. Podobną opinię wyraża Lemaitre [111].

W dwuletnich doświadczeniach w Hiszpanii [162] odmiany truskawek 'Chandler' i 'Douglas' dały wyższy plon całkowity w warunkach nawadniania kroplowego, jednakże plon wczesny owoców był wyższy przy systemie bruzdowym.

W Szwecji [9] badano w dwóch różnych doświadczeniach efektywność nawadniania deszczownianego i kroplowego. Nie stwierdzono istotnych, statystycznie udowodnionych różnic w plonie owoców, chociaż jak zauważają autorzy był on wyższy przy metodzie kroplowej.

Podobne badania w Niemczech przeprowadzili Al-Fahad i Hagemann [6], otrzymując przy nawodnieniu kroplowym plon 14,7 $t \cdot ha^{-1}$ przy dawce wody wynoszącej 830 $m^{-3} \cdot ha^{-1}$, zaś w przypadku deszczowania odpowiednio: 12,8 $t \cdot ha^{-1}$ i 996 $m^{-3} \cdot ha^{-1}$. Zużycie wody przy nawadnianiu deszczownianym było zatem o 20% wyższe niż w kroplowym, natomiast plony owoców truskawki okazały się o 15% większe na poletkach nawadnianych kroplowo, aniżeli na deszczowanych.

Kongsrud [95] w warunkach Norwegii uzyskał wzrost plonu truskawek odmian 'Senga Sengana' i 'Jonsok' o 22% przy metodzie kroplowej i o 32% przy deszczowaniu w stosunku do obiektów nie nawadnianych. Ilość wody użytej w systemie kroplowym stanowiła 33% rozdeszczowanej.

W doświadczeniach polowych przeprowadzonych dotychczas w Polsce nawadnianie truskawek zwiększało plony owoców przeciętnie w granicach od 1 do 10 $t \cdot ha^{-1}$ (8-45%), w warunkach gleb średnich zaliczanych w przeważającej mierze do III-IV klasy bonitacyjnej w rejonach o wyższych opadach atmosferycznych w okresie wegetacji niż w rejonie Bydgoszczy (tab. 4). Na glebach bardzo lekkich w okolicy Bydgoszczy, względne zwyżki plonów handlowych uzyskane dzięki nawadnianiu były natomiast znacznie wyższe, wynosząc średnio od 40 do ponad 600%. Wynikało to między innymi z bardzo niskich plonów notowanych na poletkach kontrolnych (bez nawadniania) w latach o niskich opadach atmosferycznych. W badaniach krajowych zanotowano niejednakową reakcję na nawadnianie poszczególnych odmian uprawnych truskawki. Najlepiej reagowała na nawadnianie odmiana 'Senga Sengana', która była jednocześnie odmianą najczęściej w polskich warunkach testowaną. Ujemnie na nawadnianie zareagowała natomiast w jednym przypadku odmiana 'Macherauch's Frühernte' [105].

W Polsce także porównywano efektywność różnych systemów nawadniania w uprawie truskawki [129, 175, 176 187]. Przykładowo, Mazur [129] nawadniając truskawkę odmiany 'Senga Sengana' na glebie zaliczanej do III klasy bonitacyjnej otrzymał przy metodzie kroplowej wyższy plon zarówno ogólny (nieistotnie), jak i handlowy (istotnie) w porównaniu z deszczowaniem. Zużyto jednakowe ilości wody w obu metodach, co wynikało z wcześniej przyjętych założeń metodycznych. Deszczowanie sprzyjało gniciu owoców.

Tabela 4. Wpływ nawadniania na plony truskawki wykazany w niektórych polskich doświadczeniach
Table 4. Influence of irrigation on yields of strawberry in some Polish experiments

Autor Author	Rok wydania Year of publication	Ośrodek Centre	Odmiana Cultivar	Liczba lat No of years	O	Przyrost plonu Yield increase		
					$t \cdot ha^{-1}$	Zakres, $t \cdot ha^{-1}$ Range, $t \cdot ha^{-1}$	Średnio, $t \cdot ha^{-1}$ Mean, $t \cdot ha^{-1}$	%
Kulesza	1973	ART Olsztyn	'Macherauch's Frühernte'	3*	12,42	-2,10-0,95	-0,07	-1
				3**	12,42	-2,45-1,75	-0,72	-6
			'Georg Soltwedel'	3*	9,60	0,25-5,50	2,87	30
				3**	9,60	-1,60-6,20	1,37	14
			'Senga Sengana'	3*	14,32	0,40-1,30	0,90	6
				3**	14,32	0,60-3,90	2,53	18
			'Talisman'	3*	13,07	-0,55-4,90	1,95	15
				3**	13,07	1,20-4,95	2,96	23
			Średnio-Mean	3	12,35	-2,45-6,20	0,98	8
Szewczuk, Wojtkiewicz, Sosna	1993	AR Wrocław	'Senga Sengana'[1]	3	22,8	1,70-4,40	2,70	12
Pacholak	1997	AR Poznań	'Senga Sengana'	5	17,4	-	3,20	18
Mazur	1987 1988	AR Poznań	'Senga Sengana'[1]	3	34,30	-	4,50	13
			'Senga Sengana'[2]	3	34,30	-	3,70	11
			Średnio-Mean	3	34,30	1,70-5,20	4,10	12
Słowik, Maćkowiak	1970	ISK Skierniewice	'Senga Sengana'	1	-	-	-	6-45
Hołubowicz, Rebandel	1981	AR Poznań	'Senga Sengana'	4	-	-	-	2-7
			'Redgauntlet'	4	-	-	-	15-16
			'Senga Precosa'	4	-	-	-	24-34
Słowik, Klimczak	1986	ISK Skierniewice	'Senga Sengana'[3]	2	15,01	0,95-3,73	2,03	13
			'Senga Sengana'[4]	3	13,64	0,40-2,67	1,39	10
			Średnio-Mean	-	14,32	0,40-3,73	1,71	12
Sadowski, Rzekanowski	1989	ATR Bydgoszcz	'Redgauntlet'[1]	3	3,15	0,91-4,18	2,63	83
			'Redgauntlet'[2]	3	3,15	0,27-2,04	1,25	40
			Średnio-Mean	3	3,15	0,27-4,18	1,94	62
Rzekanowski, Rolbiecki	1996	ATR Bydgoszcz	'Senga Sengana'[1]	3	1,54	-	1,40	91
Rolbiecki, Rzekanowski	1997	ATR Bydgoszcz	'Senga Sengana'[1]	3	1,63	8,53-11,73	10,15	623
			'Senga Sengana'[2]	3	1,63	9,22-12,19	10,22	627
			Średnio-Mean	3	1,63	8,53-12,19	10,18	625
Rolbiecki Rolbiecki Rzekanowski Derkacz	W druku In press	ATR Bydgoszcz, Guelph University	'Elsanta'[5]	2	8,78	6,73-8,21	7,47	85
			'Elsanta'[1]	2	8,78	6,58-6,78	6,68	76
			'Elsanta'[6]	2	8,78	6,66-7,57	7,11	81
			Średnio-Mean	2	8,78	6,58-8,21	7,09	81
Koszański, Rumasz-Rudnicka, Herman	2001	AR Szczecin, WSP Częstochowa	'Elsanta'[1]	3	20,7	0,09-6,6	4,00	19
			'Senga Sengana'[1]	3	24,6	1,39-10,0	6,20	25
			Średnio-Mean	3	22,65	0,09-10,0	5,10	22

[1]– nawadnianie kroplowe – drip irrigation; [2]– deszczowanie – sprinkler irrigation; [3]– z nawożeniem dolistnym (Florovit) – with foliar application of fertilizer (Florovit); [4]– ze ściółkowaniem (słoma, czarna folia, słoma + czarna folia); [4]– with mulching (straw, black sheet, straw+ black sheet); [5]– nawadnianie kroplowe (pół dawki wody) – drip irrigation (half a water rate); [6]– mikrozraszanie – micro-sprinkler irrigation; *, **– Odpowiednio:nawadnianie 3 x 30 i 3 x 60 mm – irrigation 3 x 30 and 3 x 60 mm, respectively

Sadowski i Rzekanowski [187] na glebie VI klasy bonitacyjnej uzyskali w latach 1982-1984, w porównaniu z poletkami nie nawadnianych, wyższy wzrost (83%) plonu odmiany 'Redgauntlet' przy nawadnianiu kroplowym niż przy deszczowaniu (40%). Zużycie wody w systemie kroplowym było znacznie niższe aniżeli przy deszczowaniu. Rolbiecki i Rzekanowski [175] w tych samych warunkach glebowych – (w latach 1993-1995) otrzymali nieistotne różnice pomiędzy plonami owoców odmiany 'Senga Sengana' zebranymi z poletek nawadnianych kroplowo, bądź deszczowanych. W nowszych badaniach (1999-2001) z odmianą 'Elsanta' [176] również nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w plonowaniu roślin nawadnianych kroplowo lub przy użyciu mikrozraszaczy. W przypadku obu wspomnianych doświadczeń zużycie wody w systemie kroplowym było niższe niż przy deszczowaniu bądź mikrozraszaniu.

Uzyskany dzięki nawadnianiu wzrost plonów spowodowany był przez zwiększenie zarówno masy owocu truskawki [8, 13, 27, 86, 95, 103, 142, 171, 172, 175, 176, 181, 192], jak i przez wzrost liczby owoców na roślinie [8, 115, 172, 175, 176, 192].

Dane zawarte w dostępnej literaturze, a dotyczące wpływu nawadniania na skład chemiczny owoców truskawki są dość niejednoznaczne [10, 12, 76, 98, 105, 115, 120, 125, 127, 145, 153, 175, 176, 180, 183]. Zastosowane systemy nawodnieniowe powodowały z reguły mniej lub bardziej wyraźny spadek poziomu suchej masy [98, 105, 175, 180, 183], cukrów [180, 183], witaminy C [105, 127, 98], witaminy A [180, 183], makroelementów [183] i mikroelementów [183] w świeżej masie owoców. W niektórych jednak doświadczeniach nie stwierdzano istotnego oddziaływania na zawartość witaminy C ze strony deszczowania [175, 176], mikrozraszania [176] bądź nawadniania kroplowego [176, 181]. W innych badaniach wystąpiła nawet, przy nawadnianiu mniejszymi ilościami wody, tendencja wzrostowa w zawartości tego składnika u odmian 'Macherauch's Frühernte', 'Georg Soltwedel', 'Talisman' [105], 'Senga Sengana' [105, 175] bądź 'Redgauntlet' [181]. Tłumaczyć to można między innymi czynnikiem odmianowym [105, 120, 127], warunkami atmosferycznymi w sezonie wegetacyjnym [105, 120, 127], a także przebiegiem nawadniania (wielkość dawki wody, liczba dawek jednorazowych, częstotliwość nawadniania) [105, 175,181] oraz terminem zbioru owoców [127].

Truskawkę zaopatrywano w wodę najczęściej przy użyciu nawadniania kroplowego [m.in. 6, 7, 9, 19, 37, 46, 49, 50, 82, 95, 98, 114, 123-127, 129, 135, 139, 142, 158, 159, 160, 162, 175, 176, 180, 187, 191, 193, 197, 210, 220, 221], deszczownianego [3, 6, 9, 12, 95, 102, 114, 129, 139, 160, 175, 187] bądź bruzdowego [82, 139, 162, 168, 169, 191]. W znacznie mniejszym zakresie stosowano mikrozraszanie [3,176], a zupełnie sporadycznie – nawadnianie podsiąkowe [159].

Sterowanie nawadnianiem truskawki prowadzono najczęściej na podstawie wskazań tensjometrów glebowych [19, 46, 74, 75, 85, 95, 96, 103, 115, 124-127, 129, 192, 193, 197, 175, 180, 187, 190] bądź wyników pomiarów z ewaporometru klasy A [19, 115, 135, 145, 159, 160, 210-212]. Decyzje o rozpoczęciu względnie wstrzymaniu nawadniania podejmowano także wykorzystując z powodzeniem różne modele klimatycznego bilansu wodnego [19, 103] lub modele komputerowe uwzględniające między innymi typ gleby [152]. Niektórzy zaś autorzy nawadniali truskawkę tylko w określonych jej fenofazach [73, 74].

W doświadczeniach z nawadnianiem truskawki testowane były: czynnik wodny, różne odmiany uprawne [m.in. 3, 5, 9, 10, 12, 22, 49, 56, 61, 74-76, 95, 98, 103-105, 120, 140, 144, 153, 159, 167-169, 210, 211], zróżnicowane nawożenie mineralne [7, 9, 22, 83, 96, 98, 114, 167-169], fertygacja [m.in. 4, 5, 7, 46, 52, 56, 115, 136, 161, 162,

219-221], ściółkowanie za pomocą słomy [140], białej lub czarnej folii [13, 56, 73, 140, 161, 171, 172, 191, 210, 211, 217, 220], a także różne inne sposoby utrzymania międzyrzędzi, takie jak ugór herbicydowy [129] czy nawet uprawa koniczyny białej [140].

Wielu autorów zwraca uwagę, że nawadnianie truskawek może sprzyjać rozwojowi chorób grzybowych. Dotyczy to zarówno nawadniania bruzdowego [167, 168, 191], jak i deszczowania [6, 10, 12, 129, 187]. W doświadczeniach polowych Neuweilera [140] nadmierne nawadnianie jesienią i wiosną hamowało wzrost korzeni i jednocześnie sprzyjało pojawieniu się chorób korzeni. W innych eksperymentach zaznaczyła się niejednakowa podatność poszczególnych odmian uprawnych na choroby grzybowe. Przykładowo, w badaniach Blasse i wsp. [12] z czterema odmianami truskawek ('Redgauntlet', 'Senga Sengana', 'Fratina', 'Gorella'), deszczowanie zwiększyło porażenie przez *Botrytis cinerea* tylko u odmiany 'Senga Sengana'. Podobnie w badaniach przeprowadzonych przez Rebandel i Hołubowicza [167, 168] nawadnianie bruzdowe sprzyjało wyraźniejszemu pojawieniu się wspomnianego patogena tylko u jednej z dwóch testowanych odmian ('Senga Sengana'). Na tle nawadniania deszczownianego bądź bruzdowego korzystnie wypadał zazwyczaj system kroplowy, którego zastosowanie obniżało z reguły porażenie truskawki chorobami grzybowymi [187, 191]. Sadowski i Rzekanowski [187] stwierdzili bowiem w warunkach nawodnień kroplowych istotnie niższe – w porównaniu z deszczowaniem – porażenie truskawki odmiany 'Redgauntlet' zarówno przez białą (*Mycosphaerella fragariae*), jak i czerwoną plamistość liści (*Diplocarpon earliana*) oraz przez szarą pleśń (*Botrytis cinerea*). Podobne ustalenia poczynili Al-Fahad i Hagemann [6], stwierdzając w porównaniu z systemem kroplowym wyższą podatność na *Botrytis cinerea* u truskawek uprawianych w warunkach deszczowania. Podobnie Seong [191] stwierdził słabsze (14,3%) porażenie owoców przez szarą pleśń przy systemie kroplowym niż przy nawadnianiu bruzdowym (23,1%).

Wpływ nawadniania na wzrost roślin truskawki był również przedmiotem badań [74, 104, 105, 129, 171, 175, 176, 181, 190]. Generalnie, nawadnianie zwiększyło: wysokość [175, 176, 181], szerokość roślin [105, 175, 181] oraz liczbę liści na roślinie [105, 171, 175]. W niektórych jednak przypadkach oddziaływanie to było nieznaczne [105] lub nieistotne [176]. W badaniach krajowych nie stwierdzono z reguły wyraźniejszych różnic w poszczególnych cechach charakteryzujących wzrost roślin pomiędzy testowanymi systemami nawadniania bądź różnymi dawkami nawodnieniowymi [105, 129, 175, 176, 181].

Pewna liczba prac odnosi się do możliwości ochrony truskawek przed przymrozkami (zwłaszcza w okresie kwitnienia), głównie za pomocą deszczowania [2, 20, 51, 55, 154] lub mikrozraszania (minizraszania) [38].

Niektórzy autorzy uwzględniali także w swych badaniach problematykę wpływu nawadniania i nawożenia truskawki na środowisko glebowe [3, 31, 46, 50, 103, 115, 193]. Na możliwość skażenia wód gruntowych przy niewłaściwej gospodarce wodnej gleb oraz wysokim nawożeniu mineralnym wskazuje między innymi praca Eoma i wsp. [31]. W Hiszpanii, przy przenawożeniu i obfitym nawadnianiu ilość wypłukiwanych azotanów wynosiła 347 $kg \cdot ha^{-1}$, natomiast przy fertygacji systemem kroplowym w oszczędnym reżimie nawadniania malała do 107 $kg \cdot ha^{-1}$. Z kolei Lopez i wsp. [115], na podstawie uzyskanych wyników sugerują, że wypłukiwanie azotanów może być istotnie zredukowane przez obniżenie o 50% wielkości standardowej dawki nawozowej. Albregts i wsp. [3] zwracają uwagę, że aby zminimalizować łatwe wypłukiwanie N i K z piaszczystych gleb Florydy, trzeba stosować właściwe dawki tych składników na drodze fertygacji za pomocą systemów mikronawodnieniowych. Podobne ustalenia odnoś-

nie zminimalizowania zanieczyszczeń wód gruntowych poczynili w Polsce, na podstawie szczegółowego badania bilansu wodnego i azotowego w profilu glebowym, Jeznach i Pierzgalski [80].

2.4. Podsumowanie

W przedstawionym przeglądzie dostępnej literatury na temat potrzeb wodnych i reakcji na nawadnianie wybranych gatunków roślin jagodowych najwięcej doniesień dotyczy nawadniania truskawki, nieco mniej porzeczki czarnej, a nader skromnie prezentowane są informacje w odniesieniu do aronii.

Wszystkie trzy wspomniane gatunki charakteryzują się dużymi potrzebami wodnymi. Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że zarówno niskie opady atmosferyczne bądź niekorzystny ich rozkład w okresie wegetacji tak aronii, jak i porzeczki czarnej oraz truskawki osłabiają wzrost i rozwój tych roślin. W konsekwencji staje się to przyczyną niskich i niepewnych plonów, charakteryzujących się przy tym często niską wartością handlową, szczególnie w sytuacji, gdy plantacje tych roślin zlokalizowane są na glebach o niskich zdolnościach retencjonowania wody.

Zastosowane w takich warunkach nawadnianie pokrywające zaistniałe niedobory opadów naturalnych, szczególnie w okresach wzmożonego zapotrzebowania wspomnianych roślin na wodę (tzw. okresach krytycznych) wpływa korzystnie na wegetację omawianych gatunków roślin i w rezultacie znacznie podnosi poziom ich plonowania. Efektywność produkcyjna nawadniania bywa z reguły ujemnie skorelowana z wysokością opadów atmosferycznych i pojemnością wodną gleby oraz silnie uzależniona od czynnika odmianowego. Poza wpływem na wysokość plonów, nawadnianie wespół z szeregiem innych czynników środowiskowych, różnokierunkowo modyfikuje jakość zebranych owoców jagodowych.

Spośród możliwych sposobów nawadniania upraw roślin jagodowych coraz częściej znajduje zastosowanie grupa metod określana wspólnym mianem mikronawodnień, wypierając stosowane do niedawna deszczowanie. Zaliczany do mikronawodnień system kroplowy znajduje z racji swych specyficznych zalet szerokie zastosowanie na plantacjach truskawki i porzeczki czarnej. W przypadku aronii nie udało się natomiast natrafić na żadne doniesienia, krajowe i zagraniczne, dotyczące efektów stosowania tego zabiegu. Mikronawodnienia zastosowane w uprawie truskawki i porzeczki czarnej pozwalają natomiast uzyskać pułap plonów owoców dobrej jakości, bardzo zbliżony do tego, który osiąga się przy użyciu konwencjonalnych metod irygacyjnych, takich jak nawadnianie bruzdowe czy deszczowanie, przy mniejszym jednak z reguły zużyciu wody i zmniejszonym negatywnym oddziaływaniu na środowisko glebowe. Nawadnianie prowadzi się najczęściej opierając się na pomiarach potencjału wody w glebie, który wykonuje się za pomocą tensjometrów.

3. MATERIAŁ I METODY

Badania z nawadnianiem aronii, porzeczki czarnej i truskawki przeprowadzono w latach 1996-2001 w miejscowości Kruszyn Krajeński ($\varphi = 53^o\ 04'\ 00''$, $\lambda = 17^o\ 51'\ 33''$, h = 65 m npm.), położonej w odległości około 12 km od Bydgoszczy w kierunku południowo-zachodnim.

Ze wszystkimi gatunkami przeprowadzono ścisłe doświadczenia polowe, założone jako jednoczynnikowe, metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, opierając się na metodyce badań sadowniczych przedstawionej przez Szczepańskiego i Rejmana [213]. Badanym czynnikiem, stanowiącym źródło zmienności było nawadnianie, zastosowane w trzech wariantach:

O – bez nawadniania (poletka kontrolne),
K – nawadnianie kroplowe,
M – mikrozraszanie.

Wodę do nawodnień czerpano z ujęcia powierzchniowego, zlokalizowanego na Kanale Kruszyńskim w odległości około 650 m od poletek. 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 badanej wodzie mieściły się w granicach wskazanych we wcześniejszych doniesieniu innych autorów, którzy próbowali określić przydatność wód powierzchniowych i podziemnych do nawodnień [164]. 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.

Do pobierania wody oraz jej tłoczenia w rurociąg nawodnieniowy wykorzystywano spalinowy agregat pompowy typu IRIDIM-50, o maksymalnej wydajności 800 $l \cdot min^{-1}$. Rurociąg tłoczny doprowadzający wodę na poletka stanowił wąż wykonany z czarnego polietylenu, który umieszczono pod powierzchnią gruntu. Na wejściu do instalacji nawadniającej zastosowano, osobno dla każdego systemu nawadniania, filtry dyskowe typu „Arkal" produkcji izraelskiej.

Do nawadniania kroplowego użyto linii kroplującej „Aqua-Trax" z labiryntowymi emiterami kropel rozmieszczonymi co 20 cm. Wzdłuż rzędu (poletka) krzewów aronii i porzeczki czarnej poprowadzono dwa przewody kroplujące, w odległości około 30 cm, po jednym z każdej strony. Z kolei w uprawie truskawki jeden przewód kroplujący ułożony pośrodku nawadniał dwa sąsiednie, odległe od siebie o 40 cm rzędy roślin stanowiące poletko. Wydatek pojedynczego kroplownika wynosił przeciętnie, zależnie od ciśnienia w przewodzie, od 0,5 do $dm^3 \cdot h^{-1}$.

Do mikrozraszania zastosowano mikrozraszacze „Hadar" produkcji izraelskiej o średnicy dyszy 1,3 mm i wydajności w granicach 40-60 dm^3 wody w ciągu godziny

przy ciśnieniu 1 bar. Średnica zraszania, przy stosowanej zielonej wkładce typu „B", wynosiła zależnie od wahań ciśnienia od 2 do 2,5 m.

Terminy wykonywania nawodnień ustalano na podstawie potencjału wody w glebie określanego przy użyciu tensjometrów. Nawadnianie rozpoczynano w momencie, kiedy potencjał wody w glebie wynosił 0,04 MPa. Sączki tensjometrów były umieszczone na głębokości 20-25 cm. W przypadku, gdy wskazania tensjometrów wzbudzały zastrzeżenia (zapowietrzanie się) kierowano się dodatkowo w tym względzie także bieżącą obserwacją wyglądu roślin oraz organoleptyczną oceną wilgotności gleby. Nawadnianie kroplowe przeprowadzano z reguły co 2-3 dni, a mikrozraszanie co 4-6 dni.

Przeliczone na wskaźnik opadowy dawki jednorazowe wahały się od 5 do 15 mm w nawadnianiu kroplowym i od 15 do 25 mm w mikrozraszaniu. Średnie sezonowe normy nawodnieniowe wyniosły, odpowiednio dla aronii i porzeczki czarnej, 116 i 98 mm w nawadnianiu kroplowym oraz 178 i 183 mm w mikrozraszaniu (tab. 5). W przypadku truskawki do nawadniania zastosowano przeciętnie odpowiednio 116 bądź 150 mm wody. Sezonowe dawki nawodnieniowe w uprawie wszystkich trzech testowanych gatunków roślin jagodowych wahały się jednak w poszczególnych latach badań w dość szerokim zakresie, zależnie od wysokości i rozkładu opadów atmosferycznych. Najwyższe sumaryczne dawki wody zastosowano w charakteryzujących się posusznymi okresami wegetacyjnymi latach 1999 i 2000.

Tabela 5. Sezonowe dawki nawodnieniowe w okresach wegetacyjnych, mm
Table 5. Seasonal irrigation rates in vegetation periods, mm

Rok Year	Aronia Chokeberry		Porzeczka czarna Black currant		Truskawka Strawberry	
	K	M	K	M	K	M
1996	100	120	90	120	80	100
1997	95	120	75	100	70	100
1998	60	160	60	210	110	135
1999	195	245	140	255	125	170
2000	150	295	150	295	215	295
2001	95	130	75	120	95	100
Średnio Mean	116	178	98	183	116	150

K, M – odpowiednio: nawadnianie kroplowe i mikrozraszanie
K, M – drip irrigation and microjet sprinkling, respectively

Sadzonki aronii uzyskane z rozmnażania wegetatywnego posadzono jesienią 1994 roku (tab. 6). Przygotowując pole, zastosowano pod orkę głęboką obornik bydlęcy w dawce 50 $t \cdot ha^{-1}$. Rośliny posadzono w rozstawie 2,4 x 2,0 m. Pojedyncze poletko do zbioru obejmowało 10 roślin (48 m^2). Wiosną każdego roku stosowano nawożenie mineralne, przy czym dawka azotu była stała (90 $kg \cdot ha^{-1}$), natomiast nawożenie fosforowe i potasowe mieściło się w zakresie, odpowiednio 90-120 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ i 90-150 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (tab. 7). Cięcie roślin ograniczano do usuwania pędów najsłabszych, uszkodzonych i bardzo starych gałęzi, kierując się w tym względzie wskazaniami literatury krajowej [60, 90, 204]. Starano się uzyskać krzewy mające po około 20-22 silnych pędów szkieletowych. W pierwszych 2 latach po założeniu plantacji chwasty niszczono

mechanicznie, a od trzeciego roku herbicydami (tab. 8). Zbioru dokonywano ręcznie, zaś jego początek przypadał w większości lat w trzeciej dekadzie sierpnia (tab. 9).

Tabela 6. Charakterystyka doświadczeń z roślinami jagodowymi
Table 6. Description of the experiments on berry-bearing plants

Wyszczególnienie Specification	Aronia Chokeberry	Porzeczka czarna Black currant	Truskawka – Strawberry	
			Doświadczenie I Experiment I	Doświadczenie II Experiment II
Odmiana uprawna Cultivar	-	Titania	Senga Sengana	Senga Sengana
Rok posadzenia Year of planting	1994	1991	1994	1997
Przedplon Forecrop	Kupkówka Cocksfoot	Kukurydza Maize	Kupkówka Cocksfoot	Ugór Fallow
Obornik, $t \cdot ha^{-1}$ Manure, $t \cdot ha^{-1}$	50	50	50	50
Lata plonowania Years of yielding	1996-2001	1996-2001	1996-1998	1999-2001
Rozstawa rzędów, m Row spacing, m	2,4	2,5	0,8 x 0,4 x 0,8	0,8 x 0,4 x 0,8
Odległość między roślinami w rzędzie, m Plant spacing in a row, m	2,0	1,0	0,25	0,30
Liczba krzewów (roślin) na poletku, szt. Number of bushes (plants) on the plot, pcs	10	10	40	34
Powierzchnia poletka, m^2 Plot area, m^2	48	25	6	6
Liczba powtórzeń No of replications	4	4	4	4
Całkowita powierzchnia doświadczenia, a Total area of the experiment, a	12,3	11,4	2,7	1,8

Tabela 7. Nawożenie mineralne roślin jagodowych, $kg \cdot ha^{-1}$
Table 7. Mineral fertilization of berry-bearing plants, $kg \cdot ha^{-1}$

Gatunek Species	Składnik pokarmowy – Nutrient		
	N	P_2O_5	K_2O
Aronia Chokeberry	90	90-120	90-150
Porzeczka czarna Black currant	90	90-140	90-160
Truskawka Strawberry	80	20-40	60-90

Tabela 8. Pestycydy stosowane na plantacjach roślin jagodowych
Table 8. Pesticides used on plantations of berry-bearing plants

Pestycydy Pesticides	Aronia Chokeberry	Porzeczka czarna Black currant	Truskawka Strawberry
Herbicydy Herbicides	Avans Fusilade Super	Avans Azotop Fusilade Super	Avans Azotop Buracyl Fusilade Super
Fungicydy Fungicides	-	-	Euparen
Insektycydy Insecticides	Basudin	Thiodan	-

Tabela 9. Obserwacje fenologiczne badanych roślin
Table 9. Phenological observations of the plants tested

Faza fenologiczna Phenophase	Średnia data Mean date	Różnice w dniach – Differences in days					
		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Aronia – Chokeberry							
Początek listnienia Beginning of foliage development	9.04	+10	-2	-15	-8	+1	+12
Początek kwitnienia Beginning of flowering	10.05	+6	+9	-3	0	-9	0
Pełnia kwitnienia Full blossom	17.05	+7	+9	-4	0	-13	-1
Początek zbioru owoców Beginning of fruit harvest	24.08	-10	+15	-5	+1	+6	-1
Porzeczka czarna – Black currant							
Początek listnienia Beginning of foliage development	9.04	+11	-2	-15	-8	+1	+12
Początek kwitnienia Beginning of flowering	3.05	+7	+6	-3	-4	-11	+4
Pełnia kwitnienia Full blossom	8.05	+8	+6	-3	-4	-11	+2
Początek zbioru owoców Beginning of fruit harvest	6.07	+4	+3	-5	+6	-12	+5
Truskawka – Strawberry							
Początek kwitnienia Beginning of flowering	10.05	+6	+4	-1	0	-6	-1
Pełnia kwitnienia Full blossom	18.05	+9	+5	-5	-1	-7	-1
Koniec kwitnienia End of flowering	25.05	+11	+8	-6	0	-8	-2
Początek zbioru owoców Beginning of fruit harvest	11.06	+1	+7	-7	+4	-9	+4
Pełnia zbioru owoców Full fruit harvest	18.06	+3	+12	-5	+3	-16	+4

Plantację porzeczki czarnej założono jesienią 1991 roku (tab. 6). Testowaną odmianą uprawną była 'Titania'. Rozstawa rzędów wynosiła 2,5 m, a odległość pomiędzy roślinami w rzędzie 1 m. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 25 m^2 (10 krzewów). Przed założeniem doświadczenia glebę zasilono obornikiem bydlęcym w dawce 50 $t \cdot ha^{-1}$. Nawożenie azotowe zastosowano na tym samym poziomie co w przypadku aronii (90 $kg \cdot ha^{-1}$), w zbliżonych zakresach mieściły się także dawki nawożenia fosforowo-potasowego, ustalane na podstawie zasobności gleby i wielkości potrzeb pokarmowych porzeczki czarnej [91, 118, 227]. Stosowne analizy gleby i liści przeprowadzano zgodnie z zaleceniami [91] co 2-3 lata. Przeciętną stwierdzoną w okresie badań zawartość składników pokarmowych w liściach porzeczki przedstawiono w tabeli 10. Co 3-4 lata przeprowadzano także wapnowanie gleby, stosując 1-1,5 $t \cdot ha^{-1}$ wapna magnezowo-tlenkowego. Pierwsze silniejsze cięcie krzewów porzeczki wykonano po 4 latach, usuwając pędy najstarsze, chore i uszkodzone oraz te, które zbytnio zagęszczały krzewy, kierując się zasadami pielęgnacji odmiany 'Titania' przedstawionymi w literaturze [119].

Tabela 10. Zawartość składników pokarmowych w liściach
Table 10. Content of nutrients in leaves

Roślina	Wariant Treatment	Zawartość składników pokarmowych w liściach, % s.m. Content of nutrients in leaves, % DM			
		N	P	K	Mg
Aronia Chokeberry	O	2,29	0,29	1,46	0,20
	K	2,10	0,27	1,31	0,23
	M	1,85	0,29	1,54	0,19
	Średnio Mean	2,08	0,28	1,44	0,21
Porzeczka czarna Black currant	O	2,21	0,52	2,67	0,31
	K	2,14	0,57	2,37	0,35
	M	2,13	0,61	2,47	0,36
	Średnio Mean	2,16	0,57	2,50	0,34
Truskawka Strawberry	O	1,68	0,29	1,52	0,30
	K	1,84	0,33	1,57	0,32
	M	1,71	0,31	1,62	0,33
	Średnio Mean	1,74	0,31	1,57	0,32

W pierwszych 2 latach od założenia plantacji wykonywano mechaniczną pielęgnację międzyrzędzi, a w latach następnych herbicydami (tab. 8). Zgodnie z zaleceniami dla tej odmiany uprawnej podanymi przez Makosza [119] nie stosowano opryskiwania krzewów przeciwko opadzinie liści, rdzy wejmutkowo-porzeczkowej i szarej pleśni. Wykonywano natomiast opryski preparatem „Thiodan" przeciwko wielkopąkowcowi porzeczkowemu. Początek zbioru owoców przypadał z reguły w pierwszej dekadzie lipca (tab. 9). Zbioru dokonywano ręcznie.

Badaną odmianą truskawki była 'Senga Sengana' (tab. 6). Przeprowadzono dwa doświadczenia polowe z tą rośliną. Pierwsze w latach 1994-1998, a drugie w okresie 1997-2001. Rośliny truskawki wysadzano w latach 1994 i 1997 jesienią, w systemie pasowo – dwurzędowym, w rozstawie 0,8 x 0,4 x 0,8 m. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 6 m^2. Przed posadzeniem zastosowano każdorazowo obornik bydlęcy w daw-

ce 50 t·ha^{-1}, przykrywając go orką głęboką. Odległość pomiędzy roślinami w rzędzie wynosiła w przypadku wcześniejszego doświadczenia 0,25 m, natomiast w doświadczeniu późniejszym była nieco większa (0,3 m). W pierwszym roku po posadzeniu (odpowiednio w 1995 bądź 1998) nie zbierano owoców, nie ścinano również liści, obrywano natomiast pąki kwiatowe i kwiaty truskawek. Zbiorów owoców dokonywano zaś w następnych trzech kolejnych latach. Przeciwko szarej pleśni stosowano corocznie opryski preparatem „Euparen". Owoce zbierano w fazie tzw. „dojrzałości zbiorczej", tj. po zaróżowieniu się 50-80% powierzchni owocu [166]. Początek zbioru owoców przypadał z reguły w drugiej dekadzie czerwca (tab. 9). Jednak w poszczególnych latach badań zarówno początek zbioru, jak i jego pełnia – zależnie od przebiegu czynników pogodowych – przesuwały się odpowiednio w czasie.

Pomiary i obserwacje obejmowały:

Aronia:

a) wskaźniki plonowania:
   – plon owoców z krzewu, kg,
   – przeliczony plon handlowy owoców, t·ha^{-1},
   – masa owocu, g,
   – masa grona, g,
   – liczba owoców w gronie, szt.,
   – zawartość suchej masy w owocach, %,
   – zawartość karotenu w owocach, mg·kg^{-1},
   – zawartość witaminy C w owocach, mg·kg^{-1},
   – zawartość wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w owocach, mg·kg^{-1},
b) siła wzrostu:
   – wysokość krzewu, cm,
   – szerokość krzewu, równolegle i prostopadle do kierunku rzędów, cm,
   – długość pędów jednorocznych, cm.

Porzeczka czarna:

a) wskaźniki plonowania:
   – plon owoców z krzewu, kg,
   – przeliczony plon handlowy owoców, t·ha^{-1},
   – masa owocu, g,
   – masa grona, g,
   – liczba owoców w gronie, szt.,
   – zawartość suchej masy w owocach, %,
   – zawartość karotenu w owocach, mg·kg^{-1},
   – zawartość witaminy C w owocach, mg·kg^{-1},
   – zawartość wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w owocach, mg·kg^{-1},
b) siła wzrostu:
   – wysokość krzewu, cm,
   – szerokość krzewu, równolegle i prostopadle do kierunku rzędów, cm,
   – długość pędów jednorocznych, cm.

Truskawka:

a) wskaźniki plonowania:
   – plon owoców z rośliny, g,
   – przeliczony plon handlowy owoców, t·ha^{-1},
   – liczba owoców z rośliny, szt.,

– masa owocu, g,
– zawartość suchej masy w owocach, %,
– zawartość karotenu w owocach, $mg \cdot kg^{-1}$,
– zawartość witaminy C w owocach, $mg \cdot kg^{-1}$,
– zawartość wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w owocach, $mg \cdot kg^{-1}$,

b) siła wzrostu:
– wysokość roślin, cm,
– szerokość roślin, równolegle i prostopadle do kierunku rzędów, cm,
– liczba liści na roślinie, szt.

Przyrosty plonów badanych gatunków roślin jagodowych obliczono na podstawie różnicy między wielkością zbiorów z poletek nawadnianych danym systemem (nawadnianie kroplowe bądź mikrozraszanie) a plonami zebranymi z obiektów kontrolnych (bez nawadniania). Jednostkową efektywność netto zastosowanej wody obliczono, dzieląc uzyskany dzięki nawadnianiu przyrost plonu (wyrażony w $kg \cdot ha^{-1}$) przez wielkość sezonowej dawki nawodnieniowej przeliczonej uprzednio na wskaźnik opadowy (mm), zaś efektywność brutto wody – z ilorazu całego plonu handlowego ($kg \cdot ha^{-1}$) i sumy opadów oraz dawek nawodnieniowych (mm).

Ocenę jakości owoców jagodowych, w mieszanych próbach zbiorczych dla trzech wariantów czynnika wodnego (3 próby dla każdego gatunku), przeprowadzono w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Bydgoszczy, oznaczając zawartość: suchej masy – metodą suszarkową, metali ciężkich – spektrofotometrycznie (AAS) oraz w Pracowni Toksykologiczno-Chemicznej Zakładu Weterynarii w Bydgoszczy, określając poziom: witaminy C – metodą miareczkowania i β-karotenu – metodą kolorymetryczną.

Siłę wzrostu mierzono na 12 losowo wybranych roślinach każdego wariantu wodnego, opierając się na metodyce badań sadowniczych przedstawionej przez Szczepańskiego i Rejmana [213].

Terminy występowania u badanych roślin jagodowych następujących po sobie bardziej uchwytnych wzrokowo fenofaz, określano opierając się na Przewodniku fenologicznym IMGW [205].

Oznaczenia zawartości w glebie: fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma, magnezu i wapnia – metodą Schachtschabela, pH – metodą potencjometryczną i próchnicy – metodą Tiurina, wykonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Oznaczenia te wykonano na próbach zbiorczych (dla wariantów wodnych) pobranych z każdego poletka w warstwach 0-25 i 26-50 cm. Cechy fizyczne gleby, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości wodnych, oznaczono w laboratoriach Katedry Gleboznawstwa ATR, przy współudziale IMUZ w Bydgoszczy, stosując metodę komór ciśnieniowych.

Wysokość opadów atmosferycznych w okresie wegetacji (IV-IX) mierzono przy użyciu standardowego deszczomierza Hellmanna, usytuowanego w bezpośrednim sąsiedztwie pola doświadczalnego. Wyniki pomiarów opadów atmosferycznych z półrocza zimowego, wielkości temperatur powietrza oraz pozostałych parametrów meteorologicznych pozyskano z meteorologicznego punktu pomiarowego Wydziału Rolniczego w Mochełku koło Bydgoszczy.

W celu dokładniejszej charakterystyki warunków opadowych okresu doświadczalnego posłużono się dodatkowo standaryzowanym wskaźnikiem opadowym SPI (Standardized Precipitation Index) [116, 134] oraz współczynnikiem hydrotermicznym K Sielaninowa [138].

Oceny potrzeb i niedoborów wodnych krzewów aronii i porzeczki czarnej oraz roślin truskawki dokonano opierając się na metodzie bilansowej Drupki [24], w jej wersji dla gleb o podłożu piaszczystym. Dla truskawki wykorzystano dodatkowo metodę zaproponowaną przez Roudeillaca i Veschambre'a (za Krüger i wsp. [103]), gdzie wartość ewapotranspiracji potencjalnej (Etp) pomnożono przez odpowiednie wartości współczynnika roślinnego (k_c) uzależnione od fazy fenologicznej truskawek:
k_c = 0,5 w stadium inicjacji i różnicowania pąków kwiatowych jesienią,
k_c = 0,5 w czasie rozwoju kwiatów wiosną,
k_c = 0,5-0,6 w okresie rozwoju owoców,
k_c = 0,6 w czasie zbioru owoców.

Wartości Etp nie policzono w tym przypadku zalecaną przez wspomnianych autorów metodą Penmana, lecz wzorem Grabarczyka, którego dużą przydatność w tym względzie stwierdzono we wcześniejszych statystycznych badaniach porównawczych [44].

Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych roślin przez opady atmosferyczne obliczono z ilorazu potrzeb wodnych i opadów atmosferycznych, natomiast wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych przez opady i nawadnianie, z podzielenia tychże potrzeb przez sumy opadów i dawek nawodnieniowych w rozpatrywanych przedziałach czasowych.

Wyniki opracowano statystycznie opierając się na metodzie analizy wariancji Fishera. Do oceny różnic między średnimi użyto testu t-Studenta, przyjmując poziom istotności (5%). Do oceny współzależności badanych cech użyto metody regresji i korelacji liniowej i krzywoliniowej.

4. WARUNKI GLEBOWE I KLIMATYCZNE DOŚWIADCZEŃ

4.1. Warunki glebowe

Doświadczenia z aronią, porzeczką czarną i truskawką przeprowadzono na czarnej ziemi zdegradowanej, wytworzonej z piasku słabogliniastego, na płytko zalegającym piasku luźnym. Cechowała się ona niską zawartością części spławialnych w warstwie orno-próchnicznej (7%), a jeszcze niższą, w zakresie 3-5%, w poziomach podornych (tab. 11). Tak niska zawartość frakcji spławialnych (poniżej 10%) pozwala zaklasyfikować ją do kategorii agronomicznej gleb bardzo lekkich [117]. Gleba ta zaliczana jest jednocześnie do VI klasy bonitacyjnej (we fragmentach do V) oraz do kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo słabego (we fragmentach żytniego słabego).

Tabela 11. Skład granulometryczny gleby bardzo lekkiej w Kruszynie Krajeńskim
Table 11. Granulometric composition of the very light soil at Kruszyn Krajeński

Miąższość gleby, cm Soil thickness, cm	Poziom genetyczny Soil horizon	Zawartość cząstek w % Particle content in %			
		piasek sand ϕ >1 mm	pył gruby thick dust ϕ 0,1-0,05 mm	pył drobny small dust ϕ 0,05-0,02 mm	części spławialne silt and clay ϕ <0,02 mm
0-22	Ap	86	4	3	7
22-60	A_1B	90	3	2	5
>60	C	96	2	0	3

Polowa pojemność gleby w 1-metrowej warstwie wynosiła zaledwie 87 mm, a retencja użyteczna niespełna 70 mm, co wpływało w rezultacie na słabą zdolność omawianej gleby do ciągłego zaopatrywania roślin w wodę (tab. 12).

Tabela 12. Niektóre właściwości wodne gleby doświadczalnej w Kruszynie Krajeńskim
Table 12. Some water properties of field experiment soil at Kruszyn Krajeński

Warstwa profilu, cm Soil layer, cm	Zapas wody w mm przy stanie Water capacity in mm at			Retencja użyteczna, mm Usable retention, mm	Efektywna retencja użyteczna, mm Effective usable retention, mm
	polowej pojemności wodnej field water capacity	wilgotności krytycznej critical moisture content	wilgotności trwałego więdnięcia permanent wilting point		
0-25	33,7	16,1	7,5	26,2	17,6
26-50	23,8	12,1	7,0	16,8	11,7
51-75	14,0	9,6	3,2	10,8	4,4
76-100	15,5	6,3	1,4	9,2	9,2
Σ 0-50	57,5	28,2	14,5	43,0	29,3
Σ 0-100	87,0	44,1	19,1	67,9	42,9

Zwierciadło wód gruntowych zalegało w okresie wegetacji głęboko (poniżej 1,5 m) i nie wywierało wpływu na gospodarkę wodną wierzchnich warstw profilu glebowego. Na obiekcie badań występowała opadowa gospodarka wodna gleb.

Z przeprowadzonych analiz chemicznych gleby na plantacjach roślin jagodowych (tab. 13) wynikało, że odczyn jej był lekko kwaśny bądź kwaśny, zawartość w fosfor była wysoka lub nawet bardzo wysoka, zaś zawartość potasu i magnezu kształtowała się zazwyczaj na poziomie średnim lub niskim [117].

Tabela 13. Niektóre właściwości chemiczne gleby w Kruszynie Krajeńskim
Table 13. Some chemical characteristics of soil at Kruszyn Krajeński

Wyszczególnienie Specification	Warstwa profilu, cm Soil layer, cm	
	0-25	26-50
Aronia – Chokeberry		
pH w 1n KCl pH in 1 n KCl	5,5 (4,0-7,2)	5,8 (5,1-7,1)
P (mg·100 g^{-1})	8,9 (5,5-18,4)	5,5 (2,3-9,9)
K (mg·100 g^{-1})	6,8 (3,3-12,6)	5,1 (3,3-10,5)
Mg (mg·100 g^{-1})	3,6 (1,0-6,6)	3,2 (2,0-5,1)
Próchnica (%) Humus (%)	1,35 (0,66-2,45)	0,90 (0,53-1,68)
Porzeczka czarna – Black currant		
pH w 1n KCl pH in 1 n KCl	5,4 (4,2-6,6)	5,5 (4,7-6,5)
P (mg·100 g^{-1})	10,6 (6,2-16,1)	8,5 (3,8-14,2)
K (mg·100 g^{-1})	9,0 (5,8-12,5)	7,1 (5,6-10,0)
Mg (mg·100 g^{-1})	2,6 (1,2-5,4)	2,4 (1,0-4,6)
Próchnica Humus (%)	1,17 (0,34-1,93)	0,73 (0,35-1,36)
Truskawka – Strawberry		
pH w 1nKCl pH in 1 n KCl	5,7 (4,4-7,2)	5,7 (4,7-7,1)
P (mg·100 g^{-1})	11,7 (5,5-19,8)	10,6 (4,4-17,5)
K (mg·100 g^{-1})	8,5 (5,5-14,9)	6,1 (3,8-10,2)
Mg (mg·100 g^{-1})	3,4 (1,0-5,7)	2,9 (1,7-4,1)
Próchnica (%) Humus (%)	1,56 (0,65-2,82)	0,88 (0,35-1,53)

4.2. Warunki klimatyczne

Warunki termiczne, tak w ciągu roku jak i w sezonie wegetacyjnym były w sześcioletnim okresie badawczym zbliżone (±0,1^{o}C) do normalnych wielkości temperatur powietrza (tab. 14). Najniższe temperatury zanotowano w pierwszym roku badań (1996), najwyższe natomiast w latach 1999 i 2000. W okresie wegetacyjnym, kwiecień, maj i sierpień charakteryzowały się wyższymi przeciętnymi temperaturami, zaś pozostałe trzy miesiące – niższymi. W poszczególnych latach badań warunki termiczne miesięcy zarówno letnich, jak i zimowych wykazywały jednak dużą zmienność.

Tabela 14. Średnie temperatury powietrza w latach 1996-2001
Table 14. Average air temperatures over 1996-2001

Miesiące Months	Temperatury powietrza w °C Air temperatures in °C							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001	1951-2000
I	-6,1	-4,4	0,8	0,1	-1,0	-0,9	-1,9	-2,3
II	-6,4	1,8	3,1	-1,3	2,1	-0,8	-0,3	-1,6
III	-1,8	2,8	1,9	3,9	3,1	1,1	1,8	1,9
IV	8,0	4,7	9,3	8,6	11,0	7,0	8,1	7,3
V	12,6	11,5	13,8	12,2	14,5	13,1	13,0	12,6
VI	15,8	16,0	16,6	16,5	16,7	14,3	16,0	16,3
VII	15,3	17,7	16,7	20,0	15,7	19,3	17,5	17,8
VIII	18,1	19,9	15,5	17,4	17,3	18,3	17,8	17,4
IX	10,4	13,2	12,7	15,6	11,7	11,2	12,5	13,1
X	8,9	6,8	7,1	7,7	10,8	10,0	8,6	8,3
XI	4,3	2,3	-1,6	2,3	5,3	2,4	2,5	3,0
XII	-4,9	0,6	-1,9	0,9	1,2	-2,9	-1,2	-0,5
$\bar{x}$ I-XII	6,2	7,7	7,8	8,7	9,0	7,7	7,9	7,8
$\bar{x}$ IV-IX	13,4	13,8	14,1	15,1	14,5	13,9	14,2	14,1

Najwyższe niedosyty wilgotności powietrza, tak dla roku jak i półrocza letniego (IV-IX) zanotowano w roku 1999, najniższe natomiast ich wartości stwierdzono w 1998 roku (tab. 15). W trakcie sześciu lat badań najwyższy niedosyt wilgotności powietrza stwierdzono w sierpniu, a najniższy we wrześniu.

Tabela 15. Niedosyty wilgotności powietrza w latach 1996-2001
Table 15. Humidity deficits over 1996-2001

Miesiące Months	Niedosyt wilgotności powietrza w hPa Humidity deficits over hPa						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
I	0,5	0,6	1,1	1,0	0,8	0,5	0,8
II	0,7	1,9	1,6	1,1	1,1	0,9	1,2
III	1,5	2,8	2,4	2,4	1,5	1,2	2,0
IV	5,3	2,8	4,5	3,0	5,3	3,3	4,0
V	4,2	3,8	6,0	6,4	7,2	7,0	5,8
VI	6,7	5,5	1,5	6,1	8,2	5,2	5,5
VII	4,9	5,3	1,2	5,1	3,6	7,6	4,6
VIII	7,0	9,1	0,8	7,8	5,0	7,8	6,3
IX	2,8	2,8	0,7	7,0	2,4	2,1	3,0
X	1,9	0,9	2,1	1,9	1,6	1,9	1,7
XI	1,2	0,8	0,5	0,8	0,5	1,1	0,8
XII	0,5	0,7	0,8	1,0	0,4	0,6	0,7
$\bar{x}$ I-XII	3,1	3,1	1,9	3,6	3,1	3,3	3,0
$\bar{x}$ IV-IX	5,1	4,9	2,5	5,9	5,3	5,5	4,9

Wartości te wykazywały jednak bardzo dużą zmienność w poszczególnych miesiącach półrocza letniego. Przykładowo, w czerwcu wartości niedosytów mieściły się w granicach od 1,5 do 8,2 hPa, w lipcu od 1,2 do 7,6, a sierpniu natomiast w zakresie 0,8-

9,1 hPa. Okres badawczy 1996-2001 cechował się wyższymi opadami atmosferycznymi w odniesieniu do wielkości średnich wieloletnich (tab. 16). Roczna ich suma wyniosła 501 mm, co stanowiło 114% normy wieloletniej (438 mm). Wynoszące natomiast 333 mm opady okresu wegetacyjnego (IV-IX) przewyższyły o 18% wartości przeciętne z lat 1951-2000 (281 mm). W roku 2000 zanotowano zarówno najniższe opady roczne, jak i w okresie wegetacji (odpowiednio 92 i 77% normy). W każdym z pozostałych 5 lat badań stwierdzono opady wyższe od przeciętnych. Najwyższe w okresie wegetacji (393 mm) opady wystąpiły w pierwszym roku badań (1996), nieco niższe (374 mm) w latach 1998 i 2001. W trakcie 6 lat badań najwyższą średnią sumę opadów zanotowano w lipcu.

Tabela 16. Rozkład opadów w latach 1996-2001
Table 16. Precipitation distribution over 1996-2001

Miesiące Months	Suma opadów w mm Total precipitation in mm							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001	1951-2000
I	9	2	28	26	26	19	18	24
II	23	36	17	22	29	14	24	17
III	4	28	40	44	36	56	35	23
IV	19	25	31	79	16	45	36	26
V	104	64	46	49	19	30	52	40
VI	40	63	45	60	36	49	49	56
VII	92	120	94	48	58	106	86	70
VIII	95	33	78	55	37	27	54	48
IX	43	21	84	19	50	117	56	41
X	22	29	58	25	7	20	27	31
XI	23	20	31	31	46	32	31	31
XII	5	32	39	56	43	20	33	31
Σ_{I-XII}	479	473	591	514	403	535	501	438
Σ_{IV-IX}	393	326	374	310	216	374	333	281

W celu dokładniejszej charakterystyki warunków opadowych okresu doświadczalnego posłużono się dodatkowo standaryzowanym wskaźnikiem opadowym SPI. Obliczone dla poszczególnych miesięcy, okresów wegetacyjnych i lat wskaźniki wilgotnościowe SPI przedstawiono w tabeli 17. Wynika z niej, że odzwierciedlały one rzeczywiste warunki opadowe jakie wystąpiły w omawianych przedziałach czasowych. I tak, sezony wegetacyjne w latach 1996, 1998 i 2001 należy ocenić jako umiarkowanie mokre (SPI w zakresie 1,0-1,49), a pozostałe trzy jako normalne (SPI w granicach od -0,99 do 0,99). Wskaźnik ten, policzony dla całego roku (I-XII), pozwala określić rok 1998 jako bardzo mokry (SPI 1,5-1,99), a 2000 uznać za mokry. Wskaźniki SPI policzone dla poszczególnych miesięcy wykazywały dużą zmienność będącą rezultatem przebiegu opadów. W umiarkowanie mokrym sezonie wegetacyjnym 1996 roku, maj należy zaliczyć do ekstremalnie mokrych (SPI ≥ 2), podobnie jak wrzesień w 2001 roku.

W celu dodatkowej oceny warunków pluwiotermicznych policzono także współczynnik hydrotermiczny Sielaninowa, którego wielkości K dla poszczególnych miesięcy okresu wegetacyjnego przedstawiono w tabeli 18. Najwyższy współczynnik K, przeciętny dla okresu 1996-2001 stwierdzono dla lipca – najobfitszego w opady miesiąca. We wszystkich poszczególnych latach badań (z wyjątkiem roku 1999) jego wartość dla

tego miesiąca znacznie przekraczała 1 (1,85-2,44), co wskazywało na dostatek wilgoci dla roślin. Za miesiąc posuszny należałoby natomiast uznać, na podstawie przebiegu wartości omawianego współczynnika, sierpień (K = 0,89). W każdym miesiącu półrocza letniego, współczynnik K przyjmował w niektórych latach wartość niższą od 1, co wskazywałoby na to, że rośliny zużywały na parowanie większą ilość wody niż otrzymywały z opadów naturalnych.

Tabela 17. Wskaźnik SPI w latach 1996-2001
Table 17. SPI index over 1996-2001

Miesiące Months	Wskaźnik SPI SPI index					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I	-1,1	-1,7	0,4	0,3	0,3	-0,3
II	0,6	1,7	0,1	0,5	1,1	-0,2
III	-1,2	0,5	1,4	1,7	1,1	2,6
IV	-0,3	-0,1	-0,1	2,6	-0,5	1,5
V	2,7	2,4	0,4	0,4	-0,5	-0,3
VI	-0,1	-0,2	1,3	0,3	-0,7	0,1
VII	0,7	1,2	0,8	-0,4	1,1	1,1
VIII	1,6	-1,1	0,6	0,2	0,4	-0,6
IX	0,1	-0,7	1,3	-0,9	0,7	3,1
X	-0,1	0,1	1,3	0	-0,7	-0,2
XI	-0,4	-0,6	0,1	0,1	0,8	0,1
XII	-1,4	0,1	0,5	1,5	-0,6	-0,5
$\bar{x}$ I-XII	0,4	0,1	1,8	0,6	0	1,0
$\bar{x}$ IV-IX	1,4	0,3	1,5	0,1	-0,1	1,2

Tabela 18. Wskaźnik hydrotermiczny Sielaninowa w latach 1996-2001
Table 18. Sielaninov's hydrothermic index over 1996-2001

Miesiące Months	Wskaźnik hydrotermiczny Sielaninowa Sielaninov's hydrothermic index							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001	1951-2000
IV	0,81	1,47	0,76	2,41	0,44	2,02	1,48	1,19
V	2,65	2,71	1,08	1,20	0,55	0,86	1,29	1,02
VI	0,85	0,76	1,90	1,18	0,38	1,88	1,02	1,14
VII	1,94	1,98	1,85	0,71	2,07	2,44	1,58	1,27
VIII	1,69	0,24	1,37	1,00	1,09	0,88	0,98	0,89
IX	1,38	0,61	1,91	0,42	1,65	3,65	1,49	1,04

Przeciętne dla okresu 1996-2001 potrzeby wodne aronii i porzeczki czarnej w sezonie wegetacyjnym, wyznaczone metodą Drupki [24] wyniosły 492 mm, wahając się od 470 mm w 1996 roku do 517 mm w 1999 roku (tab. 19). Najwyższe potrzeby stwierdzono w lipcu (114 mm), niższe w sierpniu, czerwcu i maju (odpowiednio 95, 93 i 82 mm), najniższe zaś w kwietniu i wrześniu (54 mm). Przy w miarę równomiernym rozkładzie czasowym opadów naturalnych w poszczególnych sezonach wegetacji krzewów aronii i porzeczki, pokrywały one 2/3 wyznaczonych dla całego sześciolecia średnich potrzeb wodnych. Opady naturalne nie zaspokajały w pełni potrzeb wodnych wspomnianych roślin w żadnym z poszczególnych sezonów wegetacyjnych okresu

1996-2001. Najbardziej niekorzystny był pod tym względem 2000 rok, kiedy to deszcz w okresie wegetacji (zakładając równomierny jego rozkład) zaspokajał potrzeby wodne zaledwie w 44%. Odzwierciedla to najwyższa dla tego roku wartość wskaźnika pokrycia potrzeb wodnych przez opady naturalne (2,28).

Tabela 19. Ocena potrzeb i niedoborów wodnych aronii i porzeczki czarnej na glebie o podłożu piaszczystym w okolicy Bydgoszczy, według metody bilansowej Drupki [24]

Table 19. Estimation of water requirements and water deficits of chokeberry and black currant on soil with sandy subsoil in the vicinity of Bydgoszcz, according to the balance method of Drupka [24]

Miesiące Months	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001	1951-2000
Potrzeby wodne, mm Water requirements, mm								
IV	54	48	55	54	62	54	54	54
V	82	77	83	81	84	84	82	84
VI	92	93	96	95	96	86	93	94
VII	104	112	110	130	106	124	114	112
VIII	94	111	84	93	93	96	95	93
IX	44	58	56	64	52	49	54	60
Σ_{IV-IX}	470	499	484	517	493	493	492	497
Niedobory wodne, mm Water deficits, mm								
IV	35	23	24	-25	46	9	18	28
V	-22	13	37	32	65	54	30	44
VI	52	30	51	35	60	37	44	38
VII	12	-8	16	82	48	18	28	42
VIII	-1	78	6	38	56	69	41	45
IX	1	37	-28	45	2	-68	-2	19
Σ_{IV-IX}	77	173	106	207	277	119	159	216
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych przez opady Index of covering the water requirements by precipitation								
IV	2,84	1,92	1,77	0,68	3,87	1,20	1,50	2,08
V	0,79	1,20	1,80	1,65	4,42	2,80	1,58	2,10
VI	2,30	1,48	2,13	1,58	2,67	1,75	1,90	1,68
VII	1,13	0,93	1,17	2,71	1,83	1,17	1,32	1,60
VIII	0,99	3,36	1,08	1,69	2,51	3,55	1,76	1,94
IX	1,02	2,76	0,67	3,37	1,04	0,42	0,96	1,46
$\bar{x}$ IV-IX	1,20	1,53	1,29	1,67	2,28	1,32	1,48	1,77
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych aronii przez sumę opadów i nawadniania Index of covering the water requirements of chokeberry by total precipitation and irrigation								
IV-IX_{P+K}	0,95	1,18	1,11	1,02	1,35	1,05	1,10	
IV-IX_{P+M}	0,92	1,12	0,91	0,93	0,96	0,98	0,96	
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych porzeczki czarnej przez sumę opadów i nawadniania Index of covering the water requirements of black currant by total precipitation and irrigation								
IV-IX_{P+K}	0,97	1,24	1,11	1,15	1,35	1,10	1,14	
IV-IX_{P+M}	0,92	1,17	0,83	0,91	0,96	1,00	0,95	

P+K i P+M – odpowiednio, suma opadów i dawek wody w nawadnianiu kroplowym i mikrozraszaniu – P+K and P+M – total precipitation and irrigation rates in drip and microsprinkler irrigation, respectively

Nawadnianie aronii i porzeczki czarnej, uzupełniające naturalne opady atmosferyczne, zwiększyło stopień pokrycia potrzeb wodnych roślin, co obrazują malejące wartości policzonych wskaźników. W przypadku mikrozraszania omawiane wskaźniki pokrycia potrzeb wodnych przez wodę z opadów i nawodnień przyjmowały dla całego sezonu wegetacyjnego wielkości niższe od 1 zarówno u aronii, jak i porzeczki. Przy rozpatrywaniu nawodnień kroplowych były one natomiast nieco wyższe, co wynikało ze stosowanych w tym systemie niższych sezonowych norm nawodnieniowych.

Przeciętne w sezonie wegetacyjnym badanego sześciolecia potrzeby wodne truskawki oszacowane metodą Drupki [24] wyniosły 518 mm (tab. 20).

Tabela 20. Ocena potrzeb i niedoborów wodnych truskawki na glebie o podłożu piaszczystym w okolicy Bydgoszczy, według metody bilansowej Drupki [24]
Table 20. Estimation of water requirements and water deficits of strawberry on soil with sandy subsoil in the vicinity of Bydgoszcz, according to the balance method of Drupka [24]

Miesiące Months	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001	1951-2000
Potrzeby wodne, mm Water requirements, mm								
IV	60	53	61	60	69	60	60	60
V	92	88	93	91	93	93	92	93
VI	103	103	106	106	107	96	103	105
VII	104	112	110	130	106	124	114	112
VIII	94	111	84	93	93	96	95	93
IX	44	58	56	64	52	49	54	60
Σ_{IV-IX}	497	525	510	544	520	518	518	523
Niedobory wodne, mm Water deficits, mm								
IV	41	28	30	-19	53	15	24	34
V	-12	24	47	42	74	63	40	53
VI	63	40	61	46	71	47	54	49
VII	12	-8	16	82	48	18	28	42
VIII	-1	78	6	38	56	69	41	45
IX	1	37	-28	45	2	-68	-2	19
Σ_{IV-IX}	104	199	132	234	304	144	185	242
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych przez opady Index of covering the water requirements by precipitation								
IV	3,16	2,12	1,97	0,76	4,31	1,33	1,67	2,31
V	0,88	1,37	2,02	1,86	4,89	3,10	1,77	2,32
VI	2,57	1,63	2,35	1,77	2,97	1,96	2,10	1,87
VII	1,13	0,93	1,17	2,71	1,83	1,17	1,32	1,60
VIII	0,99	3,36	1,08	1,69	2,51	3,56	1,76	1,94
IX	1,02	2,76	0,67	3,37	1,04	0,42	0,96	1,46
$\bar{x}$ IV-IX	1,26	1,61	1,36	1,75	2,41	1,38	1,56	1,86
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych przez sumę opadów i nawadniania Index of covering the water requirements by total precipitation and irrigation								
IV-IX_{P+K}	1,05	1,32	1,21	1,25	1,21	1,10	1,15	
IV-IX_{P+M}	1,01	1,23	1,00	1,13	1,02	1,09	1,07	

Objaśnienia – jak pod tabelą 18
Explanations, see Table 18

Tabela 21. Ocena potrzeb i niedoborów wodnych truskawki w okolicy Bydgoszczy, według metody Roudeillac'a i Veschambre'a, za Krüger i wsp. [103]
Table 21. Estimation of water requirements and water deficits of strawberry grown in the vicinity of Bydgoszcz, according to the method of Roudeillac and Veschambre, following Krüger et al. [103]

Miesiące Months	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Potrzeby wodne, mm Water requirements, mm							
IV	38	21	36	28	43	27	32
V	50	45	63	62	71	68	60
VI	69	62	40	66	79	57	62
VII	49	55	33	58	44	69	51
VIII	65	78	29	67	53	68	60
IX	29	34	24	59	30	28	34
Σ_{IV-IX}	300	295	225	340	320	317	299
Niedobory wodne, mm Water deficits, mm							
IV	19	-4	5	-51	27	-18	-4
V	-54	-19	17	13	52	38	8
VI	29	-1	-5	6	43	8	13
VII	-43	-65	-61	10	-14	-37	-35
VIII	-30	45	-49	12	16	41	6
IX	-14	13	-60	40	-20	-89	-22
Σ_{IV-IX}	-93	-31	-153	30	104	-57	-34
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych przez opady Index of covering the water requirements by precipitation							
IV	2,00	0,84	1,16	0,35	2,69	0,60	0,89
V	0,48	0,70	1,37	1,26	3,74	2,27	1,15
VI	1,72	0,98	0,89	1,10	2,19	1,16	1,26
VII	0,53	0,46	0,35	1,21	0,76	0,65	0,59
VIII	0,68	2,36	0,37	1,22	1,43	2,52	1,11
IX	0,67	1,62	0,28	3,10	0,60	0,24	0,61
$\bar{x}$ IV-IX	0,76	0,90	0,60	1,09	1,48	0,85	0,90
Wskaźnik pokrycia potrzeb wodnych przez sumę opadów i nawadniania Index of covering the water requirements by total precipitation and irrigation							
IV-IX_{P+K}	0,63	0,74	0,54	0,78	0,74	0,68	0,67
IV-IX_{P+M}	0,61	0,69	0,44	0,71	0,63	0,67	0,62

Objaśnienia – jak pod tabelą 18
Explanations, see Table 18

Najwyższe potrzeby wodne wystąpiły w 1999 roku (544 mm), najniższe natomiast w 1996 (497 mm). W pozostałych czterech latach były one zbliżone do przeciętnych (510-525 mm). Najwyższymi potrzebami wodnymi cechował się lipiec (114 mm) i czerwiec (103 mm), nieco niższymi (92-95 mm) maj i sierpień, najniższymi zaś kwiecień i wrzesień (odpowiednio 60 i 54 mm). Zakładając równomierny w sezonie wegetacyjnym rozkład pomierzonych naturalnych opadów atmosferycznych były one w stanie pokryć 64% potrzeb wodnych. Podobnie jak w przypadku aronii i porzeczki, w każdym roku uprawy wystąpiły u truskawki niedobory wodne. Najwyższe stwierdzono w 2000 roku, najniższe w 1996. Przeciętnie dla okresu 1996-2001 opady naturalne zaspokajały potrzeby wodne tylko we wrześniu. W pozostałych miesiącach półrocza letniego nie pokrywały ich

w pełni. Szczególnie drastycznie uwidoczniło się to w czerwcu, gdzie deszcz zaspokoił niespełna ½ potrzeb wodnych. Takie przypadki wystąpiły nawet we wrześniu (1997 i 1999).

Nawadnianie truskawek w okresach bezopadowych spowodowało wzrost stopnia pokrycia potrzeb wodnych. Niższe wskaźniki pokrycia potrzeb truskawki wodą z opadów naturalnych i nawodnień stwierdzono przy mikrozraszaniu, co było spowodowane większą ilością wody zastosowaną w tym systemie.

Dla dodatkowej oceny potrzeb i niedoborów wodnych truskawki, wykorzystano także metodę Roudeillaca i Veschambre'a [103]. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli 21. Oszacowane nią potrzeby wodne truskawki były znacznie mniejsze niż w przypadku metody Drupki. Średnie w latach 1996-2001 potrzeby wodne w sezonie wegetacji (IV-IX) wyniosły bowiem 299 mm. Zależnie od przebiegu Et_p i fazy rozwojowej truskawki (współczynnik k_c) potrzeby te wahały się od 225 (1998) do 340 mm (1999). Spośród poszczególnych miesięcy okresu wegetacji – maj, czerwiec i sierpień cechowały się największymi potrzebami (60-62 mm). Przy tej metodzie, przeciętnie w badanym sześcioleciu opady atmosferyczne pokrywały w pełni potrzeby wodne całego sezonu wegetacyjnego przy założeniu równomiernego ich rozkładu. W każdym jednak roku omawianego okresu występowały miesiące oraz okresy krótsze, w których naturalne opady nie zaspokajały potrzeb wodnych truskawki. Zastosowanie w tych warunkach nawadnianie zapewniało pełne pokrycie tych potrzeb w całym sezonie wegetacyjnym.

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. Wzrost i plonowanie aronii

Oba systemy mikronawodnieniowe wywarły istotny wpływ na wzrost aronii (tab. 22). Pod wpływem nawadniania zwiększyła się zarówno wysokość, jak i szerokość krzewów oraz średnia długość pędów jednorocznych. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic we wzroście pomiędzy testowanymi systemami nawadniania.

Tabela 22. Wskaźniki wzrostu krzewów aronii, średnio w latach 1996-2001
Table 22. Indices of the chokeberry bushes growth, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Wysokość krzewów, cm Height of bushes, cm	Szerokość krzewów, cm Width of bushes, cm	Długość pędów, cm Length of shoots, cm
O	133,9 a	145,2 a	27,0 a
K	152,6 b	173,8 b	33,5 b
M	156,7 b	173,5 b	34,0 b
Średnio – Average	147,7	164,2	31,5

Średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się przy poziomie istotności 5% (test t-Studenta) – Means in a column followed by the same letter do not differ at 5% level of significance (Student's test t), O,K,M – odpowiednio: kontrola (bez nawadniania), nawadnianie kroplowe i mikrozraszanie – O,K,M – control (without irrigation), drip irrigation and microjet sprinkling, respectively

Średni plon handlowy owoców aronii za 6 lat zebrany na poletkach kontrolnych był bardzo niski, tylko 0,69 kg z jednego krzewu (tab. 23), co odpowiadało po przeliczeniu 1,43 $t \cdot ha^{-1}$ (tab. 24). Jednak w latach pełnego plonowania (1998-2001) plon był już wyższy i wynosił odpowiednio 1,01 kg z pojedynczego krzewu bądź (po przeliczeniu) 2,11 $t \cdot ha^{-1}$. Wysokość plonów zebranych z krzewów uprawianych na poletkach nie nawadnianych była ściśle skorelowana z wielkością opadów atmosferycznych występujących w okresie wegetacji aronii (tab. 25). Wraz ze wzrostem sumy opadów w okresie maj-sierpień (w przedziale od 150 do 263 mm) wzrastała wysokość plonów (od 0,52 do 3,68 $t \cdot ha^{-1}$). Zaistniała zmienność plonów między latami może być tłumaczona występującą zmiennością naturalnych opadów atmosferycznych aż w 99%.

Zastosowane na glebie bardzo lekkiej systemy mikronawodnieniowe istotnie zwiększyły plony owoców aronii (tab. 23 i tab. 24). Z krzewów nawadnianych systemem kroplowym bądź przy użyciu mikrozraszaczy zbierano bowiem w przybliżeniu pięciokrotnie wyższy plon. W latach pełnego plonowania aronii wynosił on (po przeliczeniu) odpowiednio 10,2 i 11,3 $t \cdot ha^{-1}$. Produkcyjne efekty nawadniania aronii (przyrosty plonów owoców) korelowały dodatnio z wysokością zastosowanych dawek nawodnieniowych. Najściślejszą zależność stwierdzono pomiędzy sumą dawek wody w systemie kroplowym z miesiąca lipca a zwyżką plonu owoców osiągniętą dzięki nawadnianiu (współczynnik korelacji r = 0,973**).

Tabela 23. Plonowanie krzewów aronii
Table 23. Yields of the chokeberry bushes

Zabiegi Treatments	Plony owoców z 1 krzewu, kg Fruit yields per bush, kg		
	1996-1997	1998-2001	1996-2001
O	0,036 a	1,01 a	0,69 a
K	0,056 b	4,90 b	3,28 b
M	0,055 b	5,43 b	3,64 b
Średnio – Average	0,049	3,78	2,54

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Tabela 24. Przeliczone plony aronii
Table 24. Transformed yields of chokeberry

Zabiegi Treatments	Plony owoców, $t \cdot ha^{-1}$ Fruit yields, $t \cdot ha^{-1}$		
	1996-1997	1998-2001	1996-2001
O	0,075 a	2,11 a	1,43 a
K	0,117 b	10,20 b	6,84 b
M	0,115 b	11,32 b	7,59 b
Średnio – Average	0,102	7,88	2,29

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Tabela 25. Współczynniki korelacji pomiędzy sumą opadów atmosferycznych w okresie wegetacji a plonami owoców aronii na poletkach kontrolnych (bez nawadniania)
Table 25. Correlation coefficients between total precipitation in vegetation period and fruit yield of chokeberry on control plots (without irrigation)

Okres Period	Plon owoców – Fruit yield	
	z krzewu, kg per bush, kg	przeliczony, $t \cdot ha^{-1}$ transformed, $t \cdot ha^{-1}$
V-VIII	$0,998^{**}$	$0,998^{**}$
VI-VIII	$0,979^{**}$	$0,979^{**}$

Różnice w plonowaniu krzewów nawadnianych linią kroplującą bądź mikrozraszaczami nie były udowodnione statystycznie (tab. 23 i tab. 24). Trzeba jednak zaznaczyć, że zaistniała tendencja, tak w latach pełnego owocowania jak i w całym okresie badań, do wyższego plonowania krzewów nawadnianych mikrozraszaczami.

Rozpatrując plony owoców aronii w odniesieniu sumy opadów atmosferycznych i zastosowanych dawek nawodnieniowych, zauważono, że najsilniejsze oddziaływanie czynnika wodnego wystąpiło w miesiącach letnich (tab. 26). Najwyższy współczynnik korelacji (r = 0,936**) stwierdzono uwzględniając warunki wodne panujące od 1 lipca do 31 sierpnia. Potwierdziło to tym samym wcześniejsze ustalenia odnoszące się do wpływu opadów atmosferycznych bądź dawek nawodnieniowych na plonowanie odpowiednio, krzewów nie nawadnianych bądź nawadnianych, gdy było ono rozpatrywane oddzielnie w poszczególnych wariantach wodnych doświadczenia.

Tabela 26. Współczynniki korelacji pomiędzy czynnikiem wodnym (suma opadów atmosferycznych i dawek nawodnieniowych) a plonem owoców aronii
Table 26. Correlation coefficients between water factor (total precipitation and irrigation rates) and fruit yield of chokeberry

Okres Period	Plon owoców, $t \cdot ha^{-1}$ Fruit yield, $t \cdot ha^{-1}$
IV-VI	0,613**
IV-VII	0,858**
IV-VIII	0,865**
V-VI	0,799**
V-VIII	0,834**
VI-VII	0,889**
VI-VIII	0,927**
VII	0,736**
VII-VIII	0,936**
VIII	0,618**

** – współczynnik korelacji istotny – significant correlation coefficient

W tabeli 27 przedstawiono średnie dla sześcioletniego okresu badawczego dotyczące średniej masy owocu oraz liczby lub masy owoców w jednym baldachogronie aronii, zależnie od zastosowanego zabiegu. Wskaźniki charakteryzujące owoce aronii były najniższe w warunkach kontrolnych i zależały przede wszystkim od opadów atmosferycznych. Przykładowo, średnia liczba owoców w jednym owocostanie na krzewach kontrolnych wynosiła około 7. Wahała się ona jednak zależnie od przebiegu opadów w poszczególnych latach badań w dość szerokim zakresie 3,5-11,5. Najsilniejszy związek między liczbą owoców w gronie a opadami stwierdzono analizując sumę opadów sierpnia (w przedziale od 27 do 78 mm). Obliczony współczynnik determinacji (R^2) wyniósł w tym przypadku 94%.

Tabela 27. Charakterystyka owoców aronii, średnio dla lat 1996-2001
Table 27. Characteristics of chokeberry fruits, average for 1996-2001

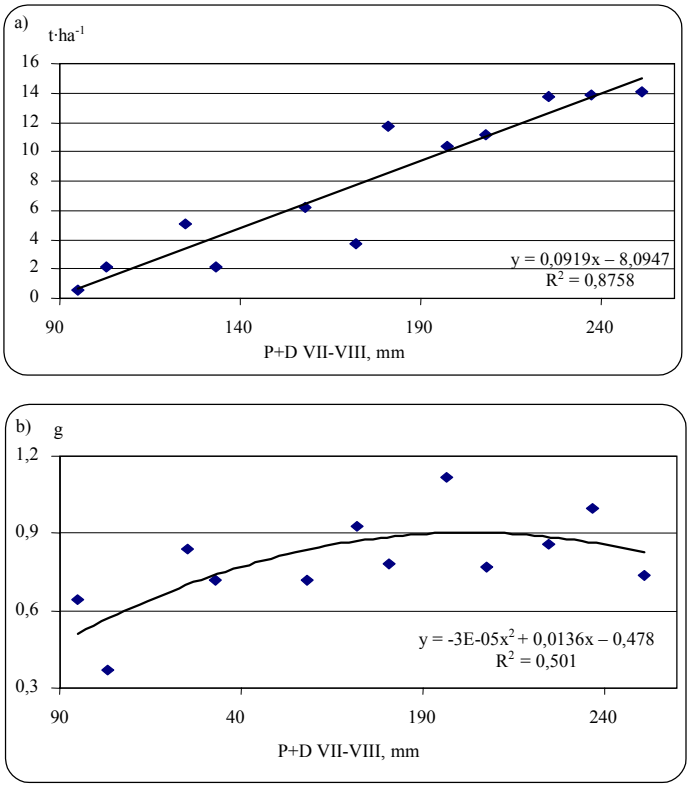
Zabiegi Treatments	Masa owocu, g Fruit weight, g	Liczba owoców w owocostanie No of fruits in a cluster	Masa owoców w owocostanie, g Fruit weight of a cluster, g
O	0,66 a	6,81 a	4,34 a
K	0,90 b	12,69 b	11,67 b
M	0,91 b	13,69 b	11,84 b
Średnio – Average	0,82	11,06	9,28

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Nawadnianie istotnie zwiększyło średnią masę jednego owocu (o 36-38%), ich liczbę (o 86-101%) oraz masę owoców (o 169-172%) z jednego baldachogrona (tab. 27). Wyższe wartości tych wskaźników stwierdzono na poletkach mikrozraszanych, jednak różnice te nie były istotne. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zastosowanymi dawkami nawodnieniowymi a jakością owoców aronii. Współczynniki korelacji (r) po-

między dawkami wody w nawadnianiu kroplowym w sierpniu bądź w mikrozraszaniu od 1 lipca do 31 sierpnia a przyrostem średniej masy owocu wyniosły odpowiednio 0,977** i 0,978**.

W analizie korelacji uwzględniającej łączny wpływ opadów i nawadniania na omawiane cechy owoców aronii stwierdzono, że warunki wodne poszczególnych jedno-, dwu- lub trzymiesięcznych okresów sezonu wegetacyjnego były w przeważającej mierze istotnie dodatnio skorelowane z takimi wskaźnikami, jak liczba bądź masa owoców w jednym owocostanie (tab. 28). Przykłady zależności pomiędzy czynnikiem wodnym kształtowanym przez sumy opadów atmosferycznych i zastosowanych dawek nawodnieniowych od 1 lipca do 31 sierpnia a wskaźnikiem plonowania lub masą jednego owocu przedstawiono na rysunku 1, natomiast między liczbą bądź masą owoców w jednym baldachogronie – na rysunku 2.



Rys. 1. Zależność pomiędzy sumą opadów atmosferycznych (P) i dawek nawodnieniowych (D) od lipca do sierpnia a plonem owoców (a) bądź masą owocu aronii (b)
Fig. 1. Relation between total precipitation (P) and the irrigation rates (D) in July through August and the fruit yield (a) or the weight of a single fruit (b)

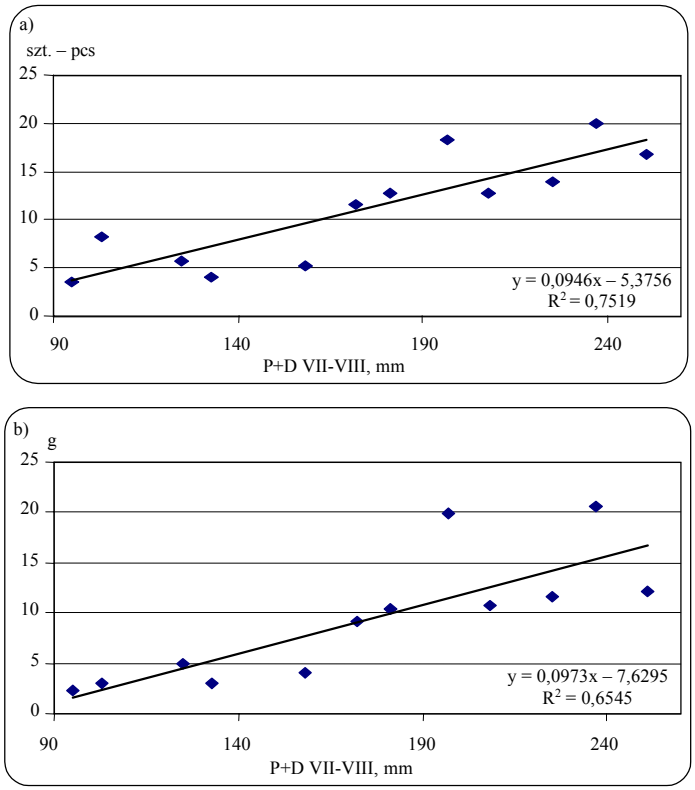
Jednostkowa efektywność netto nawadniania (w okresie V-VIII) była wyższa w systemie kroplowym niż przy mikrozraszaniu (rys. 3a). Jeden milimetr wody przyczyniał się bowiem do wzrostu plonów owoców odpowiednio o 77 bądź 53 kg·ha^{-1}. Jednostkowa efektywność brutto zastosowania wody była także większa dla nawadniania kroplowego (rys. 3b).

Tabela 28. Współczynniki korelacji pomiędzy czynnikiem wodnym (suma opadów atmosferycznych i dawek nawodnieniowych) a liczbą owoców w owocostanie bądź masą owoców owocostanu aronii

Table 28. Correlation coefficients between water factor (total precipitation and irrigation rates) and no of fruits in a cluster or weight of fruits of a cluster

Okres Period	Liczba owoców w owocostanie No of fruits in a cluster	Masa owoców w owocostanie, g Fruit weight of a cluster, g
IV-VII	0,578**	0,494
IV-VIII	0,666**	0,578**
V-VIII	0,628**	0,599**
VI-VII	0,656**	0,649**
VI-VIII	0,780**	0,741**
VII	0,609**	0,593**
VII-VII	0,867**	0,809**
VIII	0,647**	0,578**

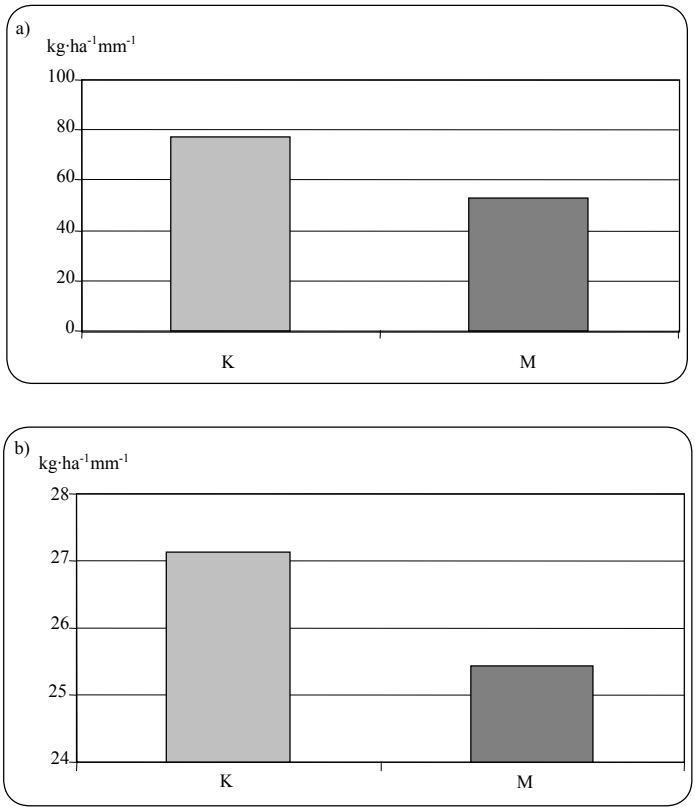
Objaśnienia jak w tabeli 26 – For explanations, see Table 26



Rys. 2. Zależność pomiędzy sumą opadów atmosferycznych (P) i dawek nawodnieniowych (D) w okresie od lipca do sierpnia a liczbą owoców w owocostanie (a) bądź masą owocostanu aronii (b)

Fig. 2. Relation between total precipitation (P) and the irrigation rates (D) July through August and the number of fruits in a cluster (a) or the weight of a cluster (b)

Różnice w tym przypadku nie były już jednak tak znaczne jak poprzednio. Jeden milimetr wody z deszczu lub nawadniania (w okresie IV-VIII) powodował bowiem wzrost plonu owoców o 27,1 kg·ha^{-1} (system kroplowy) lub o 25,4 kg·ha^{-1} (mikrozraszanie).



Rys. 3. Jednostkowa efektywność zastosowania wody u aronii: netto (a), brutto (b)
Fig. 3. Unitary water use efficiency of chokeberry: net (a), gross (b)

W tabeli 29 przedstawiono wpływ nawadniania na kształtowanie się zawartości suchej masy oraz β-karotenu i witaminy C w owocach aronii. Oddziaływanie obu systemów nawadniania nie było udowodnione statystycznie dla wszystkich trzech rozpatrywanych wskaźników jakości owoców. Trzeba jednakże zauważyć, że w większości przypadków w warunkach nawadniania wystąpiła tendencja do spadku poziomu: suchej masy (dla obu systemów nawodnieniowych), witaminy C (przy mikrozraszaniu) oraz β-karotenu (przy nawadnianiu kroplowym).

Testowane systemy nawodnieniowe nie wpływały istotnie na zawartość metali ciężkich (Cd, Pb i Zn) w owocach aronii (tab. 30). W przeprowadzonych doświadczeniach z aronią wystąpiły dodatnie zależności pomiędzy wskaźnikami charakteryzującymi siłę wzrostu krzewów a odpowiednimi wskaźnikami plonowania. Na rysunku 4a przedstawiono związek pomiędzy wysokością krzewów a plonem, który najlepiej (naj-

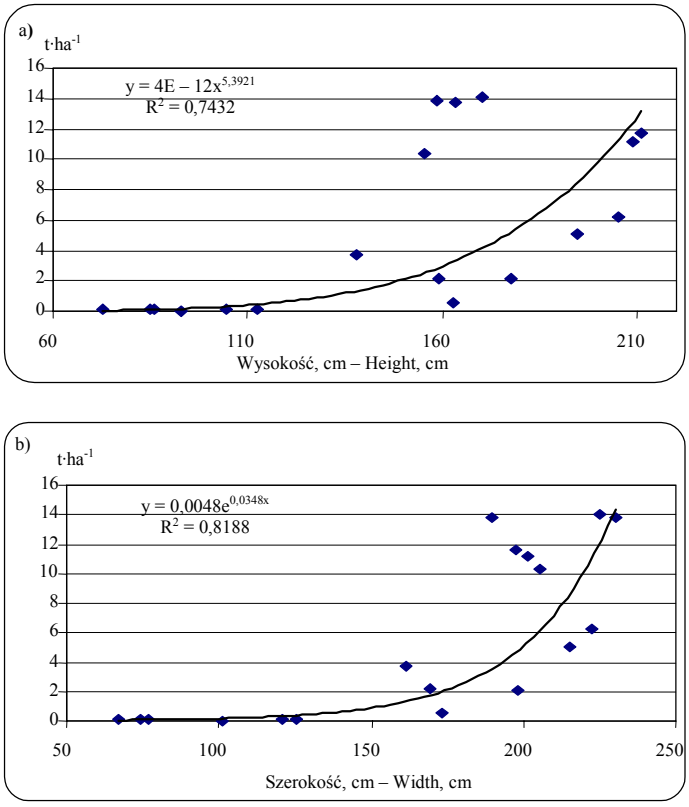
wyższy współczynnik determinacji) opisywała funkcja potęgowa. Z kolei związek pomiędzy szerokością krzewów a plonem przyjął postać funkcji wykładniczej (rys. 4b).

Tabela 29. Średnia zawartość suchej masy, β-karotenu i witaminy C w owocach aronii, średnio w latach 1996-2001

Table 29. Content of dry matter, β-carotene and vitamin C in chokeberry fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Zawartość w świeżej masie Content in fresh weight		
	sucha masa, % dry matter, %	β-karoten, $mg \cdot kg^{-1}$ β-carotene, $mg \cdot kg^{-1}$	witamina C, $mg \cdot kg^{-1}$ vitamin C, $mg \cdot kg^{-1}$
O	22,65 a	0,740 a	3339,2 a
K	22,38 a	0,724 a	3377,9 a
M	20,90 a	0,794 a	2811,9 a
Średnio – Average	21,98	0,753	3176,3

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22



Rys. 4. Zależność pomiędzy wysokością (a) bądź szerokością (b) krzewów aronii a plonem owoców

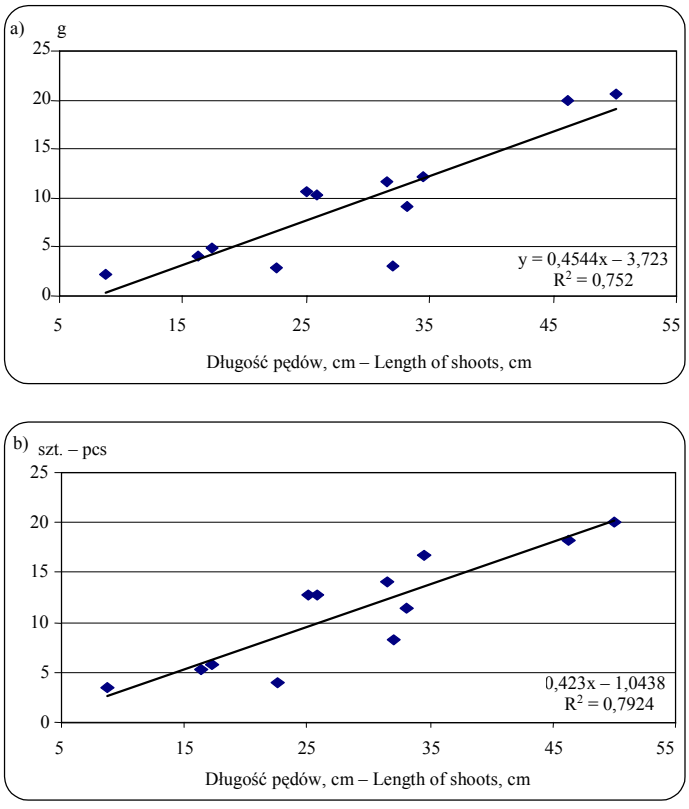
Fig. 4. Relation between the height (a) or the width (b) of chokeberry bushes and fruit yield

Tabela 30. Średnia zawartość niektórych metali ciężkich w owocach aronii, średnio w latach 1996-2001
Table 30. Content of some heavy metals in chokeberry fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Zawartość w świeżej masie, $mg \cdot kg^{-1}$ Content in fresh weight, $mg \cdot kg^{-1}$		
	Cd	Pb	Zn
O	0,011 a	0,031 a	2,71 a
K	0,011 a	0,031 a	2,19 a
M	0,015 a	0,029 a	1,65 a
Średnio – Average	0,012	0,030	2,18

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Stwierdzono także istnienie ścisłych, dodatnich, prostoliniowych zależności (w rozpatrywanych przedziałach zmienności cech) pomiędzy długością pędów aronii (czyli średnią długością przyrostów jednorocznych) a masą owoców z jednego owocostanu (rys. 5a) lub występującą w nim liczbą owoców (rys. 5b).



Rys. 5. Zależność pomiędzy długością pędów aronii a masą jednego owocostanu (a) bądź liczbą owoców w owocostanie (b)
Fig. 5. Relation between the length of chokeberry shoots and the weight of a cluster (a) or the number of fruits in a cluster (b)

5.2. Wzrost i plonowanie porzeczki czarnej

Nawadnianie kroplowe i mikrozraszanie istotnie zwiększyło zarówno wysokość jak i szerokość krzewów porzeczki czarnej oraz średnią długość przyrostów jednorocznych w stosunku do roślin kontrolnych (tab. 31). Mikrozraszanie było bardziej efektywne, lecz różnice we wzroście krzewów były nieistotne w stosunku do nawadniania kroplowego.

Średni plon handlowy owoców porzeczki czarnej zebrany w latach 1996-2001 na poletkach kontrolnych (bez nawadniania) kształtował się na bardzo niskim poziomie 0,76 kg z krzewu (tab. 32), co dawało w rezultacie nieco ponad 3 tony z hektara (tab. 33). W sytuacji, gdy w syntezie pominięto 2 lata, w których wystąpiły przymrozki w okresie kwitnienia porzeczki (1997 i 1999), plon owoców zbierany z krzewów nie nawadnianych był nieco wyższy i wynosił 0,97 kg z 1 krzewu, czyli 3,9 t·ha^{-1}.

Tabela 31. Średnie wskaźniki wzrostu krzewów porzeczki czarnej, w latach 1996-2001
Table 31. Indices of black currant bushes growth, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Wysokość krzewów, cm Height of bushes, cm	Szerokość krzewów, cm Width of bushes, cm	Długość pędów, cm Length of shoots, cm
O	133,5 a	144,3 a	23,9 a
K	156,4 b	182,3 b	34,8 b
M	161,0 b	185,7 b	35,3 b
Średnio – Average	150,3	170,8	31,3

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Tabela 32. Plonowanie krzewów porzeczki czarnej
Table 32. Yields of black currant bushes

Zabiegi Treatments	Plony owoców z krzewu, kg Fruit yields per bush, kg		
	Lata z przymrozkami* Years with frosts	Lata bez przymrozków** Years without frosts	1996-2001
O	0,32 a	0,97 a	0,76 a
K	0,68 b	3,72 b	2,71 b
M	0,73 b	3,92 b	2,86 b
Średnio – Average	0,57	2,87	2,11

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22
*– 1997, 1999; **– 1996, 1998, 2000, 2001

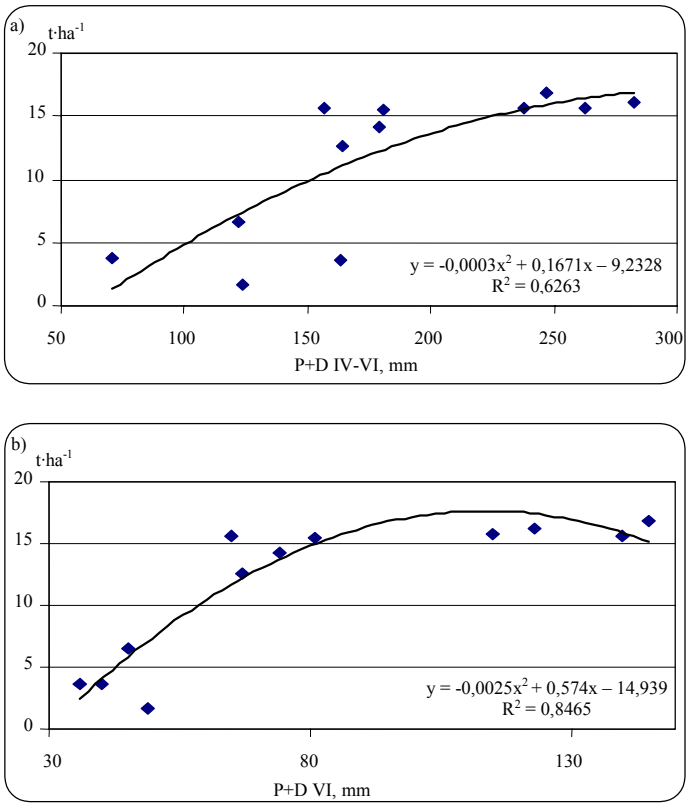
Tabela 33. Przeliczone plony porzeczki czarnej
Table 33. Transformed yields of black currant

Zabiegi Treatments	Przeliczone plony owoców, t·ha^{-1} Transformed fruit yields, t·ha^{-1}		
	Lata z przymrozkami* Years with frosts	Lata bez przymrozków** Years without frosts	1996-2001
O	1,29 a	3,90 a	3,03 a
K	2,71 b	14,88 b	10,82 b
M	2,90 b	15,68 b	11,42 b
Średnio – Average	2,30	11,49	8,42

Objaśnienia jak w tabeli 22 i 32 – For explanations, see Tables 22 and 32

Nawadnianie oddziaływało istotnie na wzrost plonów porzeczki (tab. 32 i 33). Przeciętne plony zebrane w badanym sześcioleciu z poletek nawadnianych były ponad trzykrotnie wyższe od zanotowanych na obiektach kontrolnych, kształtując się – odpowiednio dla nawadniania kroplowego i mikrozraszania – na poziomie 10,8 i 11,4 t·ha^{-1}. W latach, w których w okresie kwitnienia porzeczki nie wystąpiły przymrozki, plony owoców zebrane z krzewów nawadnianych były średnio czterokrotnie większe od kontrolnych (bez nawadniania). Po przeliczeniu wyniosły one w tym przypadku odpowiednio 14,9 t·ha^{-1} na poletkach nawadnianych linią kroplującą i 15,7 t·ha^{-1} na nawadnianych za pomocą mikrozraszaczy. Nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w plonowaniu pomiędzy krzewami bądź poletkami nawadnianymi kroplowo i przy użyciu mikrozraszaczy. Zaznaczyła się jednak tendencja do wyższego plonowania krzewów porzeczki czarnej uprawianych w warunkach mikrozraszania.

Silne oddziaływanie warunków wodnych na plony owoców porzeczki czarnej potwierdziła analiza regresji z wykorzystaniem funkcji wielomianowej drugiego stopnia, w której plony uzależniono od sumy opadów atmosferycznych i dawek nawodnieniowych od 1 kwietnia do 30 czerwca (rys. 6).



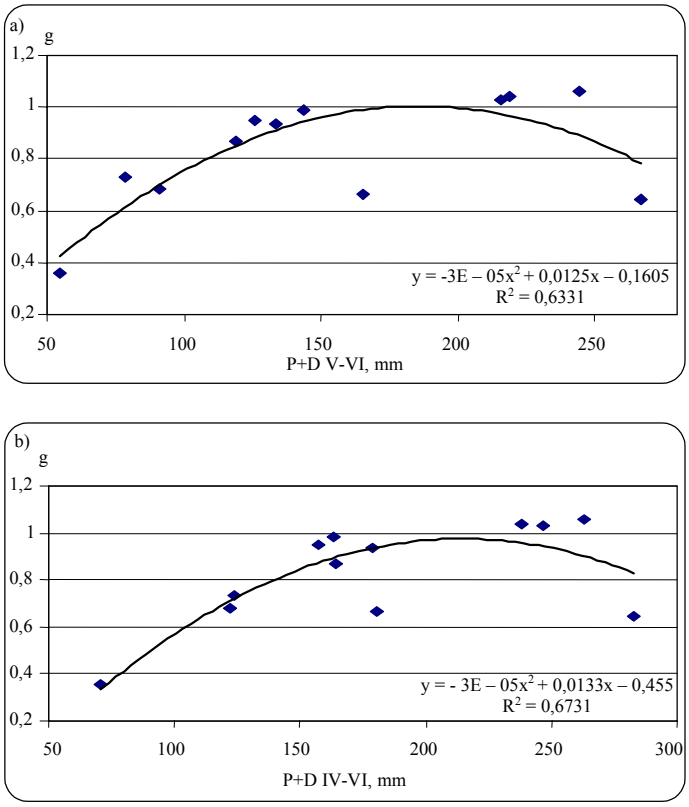
Rys. 6. Zależność pomiędzy sumą opadów atmosferycznych (P) i dawek nawodnieniowych (D) od 1 kwietnia do 30 czerwca (a) lub w czerwcu (b) a plonem owoców porzeczki czarnej

Fig. 6. Relation between total precipitation (P) and the irrigation rates (D) from April 1 to June 30 (a) or in June (b) and the fruit yield of black currant

Najwyższe plony handlowe owoców porzeczki stwierdzono, gdy kształtowane przez deszcz i nawadnianie warunki wodne od 1 kwietnia do 30 czerwca mieściły się w zakresie 240-280 mm (rys. 6a), a w czerwcu wynosiły od 110 do 120 mm (rys. 6b).

Masa owocu z krzewów nie nawadnianych wyniosła, przeciętnie w okresie badań, 0,821 g (tab. 33). Zależała ona jednak istotnie, liniowo i wprost proporcjonalnie od przebiegu opadów atmosferycznych w okresie wegetacji porzeczki czarnej (do zbioru owoców). Wraz ze wzrostem sumy opadów od 1 kwietnia do 30 czerwca (w przedziale od 71 do 163 mm) masa jednego owocu porzeczki wzrastała z 0,35 do 0,98 g. Współczynnik korelacji r wyniósł w tym przypadku 0,998**.

Mikronawadnianie istotnie zwiększało masę owocu porzeczki (tab. 34). Wzrost ten mieścił się w zakresie 24-27%. Silne uzależnienie masy 1 owocu porzeczki od czynnika wodnego przedstawiono na rysunku 7. Najwyższe wartości tej cechy stwierdzono przy sumie opadów i dawek nawodnieniowych od 1 kwietnia do 30 czerwca wynoszącej 210-220 mm.



Rys. 7. Zależność pomiędzy sumą opadów atmosferycznych (P) i dawek nawodnieniowych (D) od 1 maja do 30 czerwca (a) lub od 1 kwietnia do 30 czerwca (b) a masą owocu porzeczki czarnej

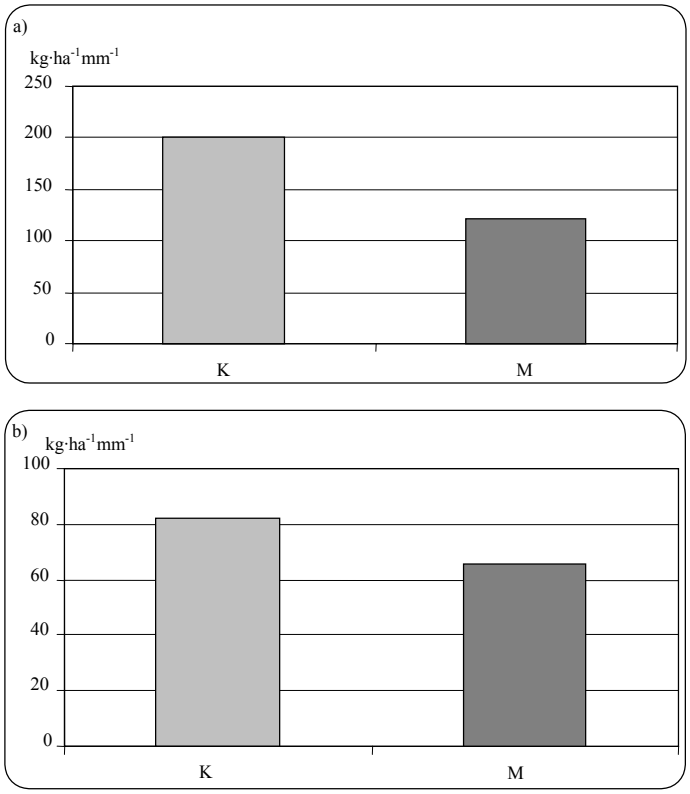
Fig. 7. Relation between total precipitation (P) and the irrigation rates (D) from May 1 to June 30 (a) or April 1 to June 30 (b) and a fruit weight of a single black currant

Nawadnianie wpływało także istotnie na liczbę owoców w jednym gronie porzeczki oraz na masę owoców z jednego grona (tab. 34). Względny wzrost wspomnianych wskaźników zawierał się odpowiednio w zakresie 49-69% bądź 86-122%. Chociaż wyższe wartości omawianych cech (masy 1 owocu, liczby owoców w 1 gronie, masy 1 grona) stwierdzono na poletkach nawadnianych mikrozraszaczami, to jednak trzeba zaznaczyć, że wszystkie różnice w stosunku do poletek nawadnianych systemem kroplowym nie były udowodnione statystycznie.

Tabela 34. Charakterystyka owoców porzeczki czarnej, średnio w latach 1996-2001
Table 34. Characteristics of black currant fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Średnia masa owocu, g Mean fruit weight, g	Liczba owoców w owocostanie No of fruits in a cluster	Masa owoców w owocostanie, g Fruit weight of a cluster, g
O	0,821 a	4,5 a	3,56 a
K	1,022 b	6,7 b	6,61 b
M	1,043 b	7,6 b	7,89 b
Średnio – Average	0,962	6,3	6,02

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22



Rys. 8. Jednostkowa efektywność zastosowania wody u porzeczki czarnej: netto (a), brutto (b)
Fig. 8. Unitary water use efficiency for black currant: net (a), gross (b)

Jednostkowa efektywność netto wody zastosowanej w nawadnianiu (od 1 maja do 30 czerwca) była wyższa w systemie kroplowym (rys. 8a). W tej metodzie dostarczania wody roślinom, jeden jej milimetr przyczyniał się do wzrostu plonu owoców porzeczki czarnej wynoszącego w przybliżeniu 200 kg·ha^{-1}, podczas gdy przy mikrozraszaniu wielkość ta wynosiła 122 kg·ha^{-1}·mm^{-1}. Łączne natomiast jednostkowe działanie wody z deszczu i nawadniania uzupełniającego (efektywność brutto zastosowania wody) również przyjmowało w rozpatrywanym okresie (IV-VI) wyższe wartości przy uwzględnieniu systemu nawodnień kroplowych (82,1 kg·ha^{-1}·mm^{-1}) niż w przypadku mikrozraszania (65,9 kg·ha^{-1}·mm^{-1}) (rys. 8b).

Zastosowane systemy mikronawodnień nie oddziaływały istotnie (podobnie jak u aronii) na poziom suchej masy, β-karotenu i witaminy C w owocach porzeczki czarnej (tab. 35). W odniesieniu do zawartości składników stwierdzonych w owocach pochodzących z poletek kontrolnych, w warunkach stosowania nawodnień zaznaczyła się tendencja malejąca w przypadku poziomu suchej masy, a rosnąca – dla β-karotenu.

Nie odnotowano istotnego wpływu testowanych metod nawadniania na poziom badanych metali ciężkich w owocach porzeczki czarnej (tab. 36). W przypadku stosowania mikronawodnień zanotowano jedynie tendencję do zmniejszania zawartości ołowiu i cynku.

Tabela 35. Średnia zawartość suchej masy, β-karotenu i witaminy C w owocach porzeczki czarnej w latach 1996-2001

Table 35. Content of dry matter, β-carotene and vitamin C in black currant fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Zawartość w świeżej masie Content in fresh weight		
	sucha masa, % dry matter, %	β-karoten, mg·kg^{-1} β-carotene, mg·kg^{-1}	witamina C, mg·kg^{-1} vitamin C, mg·kg^{-1}
O	16,86 a	0,436 a	2846,1 a
K	16,32 a	0,476 a	2839,6 a
M	16,85 a	0,474 a	2893,1 a
Średnio – Average	16,34	0,462	2859,6

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

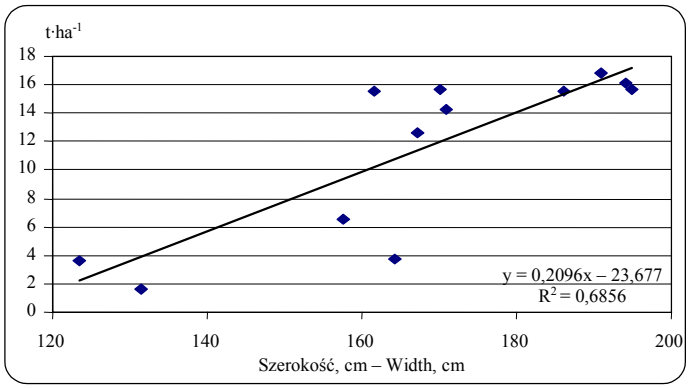
Tabela 36. Średnia zawartość niektórych metali ciężkich w owocach porzeczki czarnej, w latach 1996-2001

Table 36. Content of some heavy metals in black currant fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Zawartość w świeżej masie, mg·kg^{-1} Content in fresh weight, mg·kg^{-1}		
	Cd	Pb	Zn
O	0,016 a	0,058 a	2,62 a
K	0,015 a	0,051 a	2,54 a
M	0,021 a	0,041 a	2,43 a
Średnio – Average	0,017	0,050	2,53

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Spośród wyznaczonych zależności, które ujmowały związki pomiędzy poszczególnymi parametrami charakteryzującymi siłę wzrostu krzewów porzeczki czarnej a odpowiednimi wskaźnikami plonowania tej rośliny najsilniejszą, istotną zależność stwierdzono pomiędzy szerokością krzewów a plonem handlowym owoców (rys. 9). W rozpatrywanym przedziale zmienności obu tych cech związek ten układał się dodatnio, liniowo i wprost proporcjonalnie.



Rys. 9. Zależność pomiędzy szerokością krzewów porzeczki czarnej a plonem owoców
Fig. 9. Relation between the width of black currant bushes and fruit yield

5.3. Wzrost i plonowanie truskawki

Zarówno nawadnianie kroplowe jak i mikrozraszanie istotnie zwiększyło w całym okresie badań wysokość i szerokość roślin truskawki oraz liczbę liści na jednej roślinie (tab. 37). Mikrozraszanie było bardziej skuteczne, lecz różnice statystyczne między dwoma sposobami nawadniania były nieistotne.

Tabela 37. Wskaźniki wzrostu roślin truskawki, średnio w latach 1996-2001
Table 37. Indices of strawberry plants growth, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Wysokość roślin, cm Height of plants, cm	Szerokość roślin, cm Width of plants, cm	Liczba liści, szt. No of leaves, pcs
O	18,36 a	31,22 a	37,44 a
K	28,91 b	40,24 b	62,76 b
M	29,92 b	41,03 b	66,15 b
Średnio – Average	25,73	37,50	55,45

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Przeciętny w okresie badań (1996-2001) plon owoców truskawki zebrany z roślin nie nawadnianych wynosił nieco ponad 64 gramy z 1 rośliny (tab. 38), co odpowiadało w przybliżeniu wielkości 3,7 t·ha^{-1} (tab. 39). Trzeba jednak zaznaczyć, że w takim ujęciu był on zaniżany przez słabe wyniki, jakie uzyskano w 2 latach (1997 i 2000) z przymrozkami, występującymi w czasie kwitnienia roślin. W przypadku, gdy uwzględniono plony wyłącznie z pozostałych czterech bezprzymrozkowych lat, plon na polet-

kach kontrolnych był wyższy (po przeliczeniu – ponad 5 t·ha^{-1}). Wahał się on jednak w tych latach – zależnie od przebiegu opadów – w dość szerokim zakresie (1,79-9,07 t·ha^{-1}). Stwierdzono ścisłą, dodatnią, prostoliniową zależność pomiędzy opadem deszczu w czerwcu a wysokością plonów owoców truskawki na poletkach nie nawadnianych (współczynnik korelacji r = 0,862). Opady czerwca wpływały na plony truskawek z obiektów kontrolnych, głównie poprzez zwiększenie masy pojedynczego owocu (r = 0,989).

Zastosowane w uprawie truskawki systemy mikronawodnień istotnie oddziaływały na plony handlowe owoców truskawki (tab. 38 i 39). W latach, w których w okresie kwitnienia nie wystąpiły przymrozki na poletkach nawadnianych zbierano bowiem trzykrotnie wyższe plony owoców w stosunku do obiektów kontrolnych, przekraczające 15 t·ha^{-1}. Nie stwierdzono, tak w całym okresie badań jak i w latach bez przymrozków, istotnych różnic pomiędzy plonami z poletek nawadnianych systemem kroplowym bądź za pomocą mikrozraszania.

Tabela 38. Plonowanie roślin truskawki
Table 38. Yields of the strawberry plants

Zabiegi Treatments	Plony owoców z 1 rośliny, g Fruit yields from a single plant, g		
	Lata z przymrozkami* Years with frosts	Lata bez przymrozków** Years without frosts	1996-2001
O	8,91 a	92,28 a	64,49 a
K	12,32 b	268,15 b	182,87 b
M	16,27 c	266,16 b	182,86 b
Średnio – Average	12,50	208,86	143,41

* – 1997, 2000; ** – 1996, 1998, 1999, 2001
Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Tabela 39. Przeliczone plony truskawki
Table 39. Transformed yields of strawberry

Zabiegi Treatments	Przeliczone plony owoców, t·ha^{-1} Transformed fruit yields, t·ha^{-1}		
	Lata z przymrozkami* Years with frosts	Lata bez przymrozków** Years without frosts	1996-2001
O	0,55 a	5,22 a	3,66 a
K	0,77 b	15,87 b	10,84 b
M	1,02 c	15,80 b	10,88 b
Średnio – Average	0,78	12,30	8,46

Objaśnienia jak w tabeli 22 i 38 – For explanations, see Tables 22 and 38

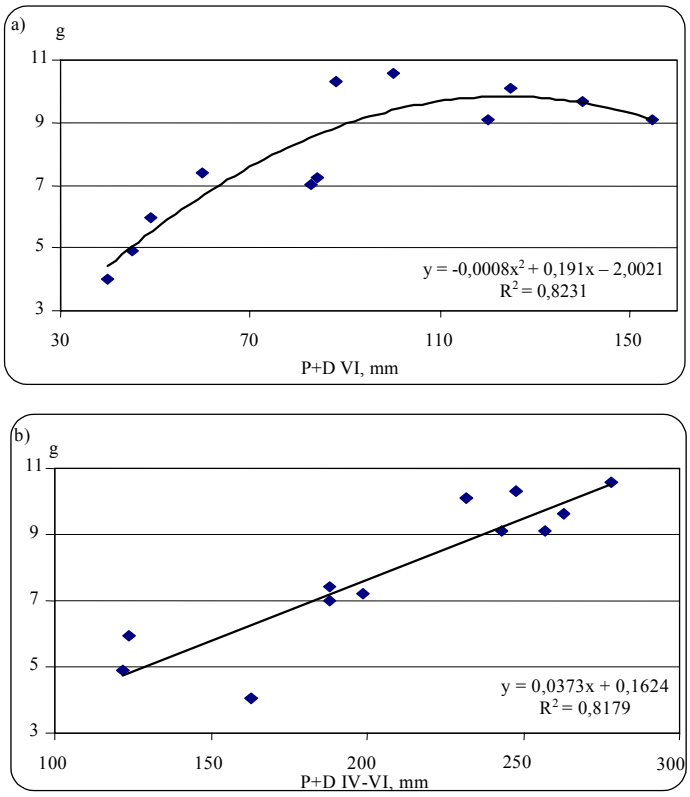
W tabeli 40 przedstawiono kształtowanie się średniej masy owocu, zależnie od zastosowanych w doświadczeniach wariantów nawadniania. Nawadnianie istotnie zwiększyło masę owocu. Stwierdzony w stosunku do kontroli wzrost średniej masy owocu wynosił przeciętnie dla lat i metod nawadniania od 54 do 64%. Pominąwszy lata z anomaliami pogodowymi (przymrozki w okresie kwitnienia) nie stwierdzono istotnych różnic w tym względzie pomiędzy badanymi systemami nawodnieniowymi.

Tabela 40. Średnia masa owocu truskawki
Table 40. Mean weight of a single strawberry fruit

Zabiegi Treatments	Średnia masa owocu, g Mean fruit weight, g		
	Lata z przymrozkami* Years with frosts	Lata bez przymrozków** Years without frosts	1996-2001
O	3,82 a	5,58 a	4,99 a
K	4,76 b	9,14 b	7,68 b
M	5,33 c	9,13 b	7,87 b
Średnio – Average	4,63	7,95	6,84

Objaśnienia jak w tabeli 22 i 38 – For explanations, see Tables 22 and 38

Uzależniając masę owocu truskawki od warunków wodnych, kształtowanych przez sumę opadu naturalnego i sztucznego (zastosowanych dawek nawodnieniowych) stwierdzono, że najdorodniejsze owoce zbierano, gdy łączna ilość deszczu i nawadniania wynosiła w czerwcu od 100 do 120 mm, a od 1 kwietnia do 30 czerwca mieściła się w zakresie 240-280 mm (rys. 10).



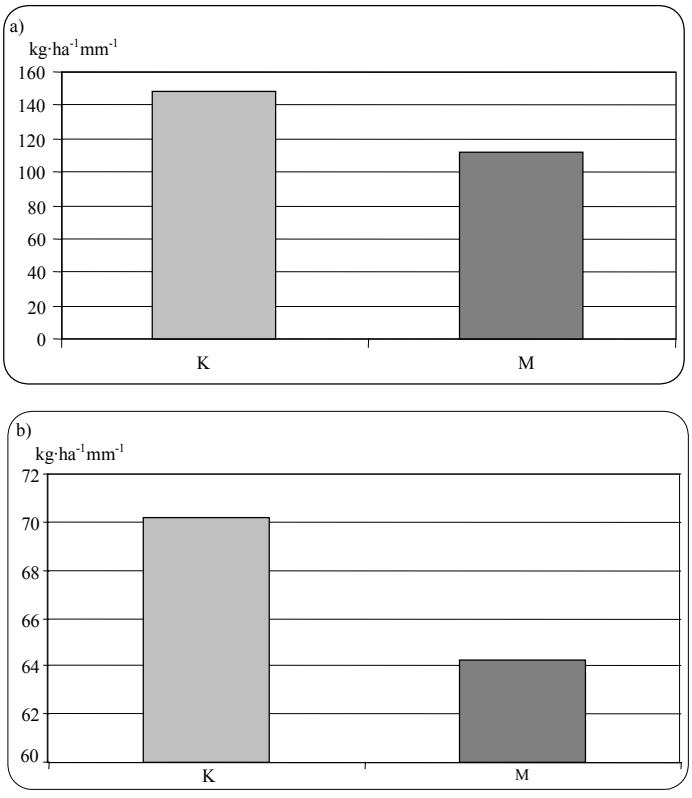
Rys.10. Zależność pomiędzy sumą opadów atmosferycznych (P) i dawek nawodnieniowych (D) w czerwcu (a) lub od 1 kwietnia do 30 czerwca (b) a masą owocu truskawki
Fig. 10. Relation between total precipitation (P) and the irrigation rates (D) in June (a) or from April 1 – June 30 (b) and the fruit weight of a single strawberry

W sześcioletnim okresie badawczym z jednej nie nawadnianej rośliny zbierano przeciętnie około 11 owoców, a w latach bez przymrozków w okresie kwitnienia było to już średnio 15 sztuk (tab. 41). W dwu latach, w których przymrozki zniszczyły prawie wszystkie kwiaty zbierano zaledwie 2-3 owoce z jednej rośliny. Nawadnianie podwajało liczbę owoców w przeliczeniu na jedną roślinę. Tak w całym okresie badań, jak i w latach bez przymrozków podczas kwitnienia nie zanotowano istotnych różnic w tym zakresie pomiędzy zastosowanymi systemami nawodnieniowymi.

Tabela 41. Liczba owoców na jednej roślinie truskawki
Table 41. Number of fruits on a single strawberry plant

Zabiegi Treatments	Liczba owoców, szt. No of fruits, pcs		
	Lata z przymrozkami* Years with frosts	Lata bez przymrozków** Years without frosts	1996-2001
O	2,34 a	15,10 a	10,85 a
K	2,61 a	30,32 b	21,08 b
M	3,01 b	29,66 b	20,77 b
Średnio – Average	2,65	25,02	17,57

Objaśnienia jak w tabeli 22 i 38 – For explanations, see Tables 22 and 38



Rys. 11. Jednostkowa efektywność zastosowania wody u truskawki: netto (a), brutto (b)
Fig. 11. Unitary water use efficiency of strawberry: net (a), gross (b)

Jeden milimetr wody zużytej do nawadniania truskawek w maju i czerwcu (efektywność netto zastosowania wody) zwiększał plon owoców o 148 kg·ha^{-1} w metodzie kroplowej i o 112 kg·ha^{-1} w mikrozraszaniu (rys. 11a). Także jednostkowa efektywność brutto zastosowania wody (1 mm wody z opadu i nawodnień) od 1 kwietnia do 30 czerwca była wyższa w systemie kroplowym (70 kg·ha^{-1}·mm^{-1}) niż w mikrozraszaniu (64 kg·ha^{-1}·mm^{-1}) (rys. 11b).

Zastosowane metody mikronawodnień istotnie obniżyły poziom suchej masy w owocach truskawki (tab. 42). Nie stwierdzono natomiast statystycznie udowodnionych różnic w zawartości β-karotenu oraz witaminy C w świeżej masie owoców pomiędzy wszystkimi wariantami wodnymi doświadczeń. Trzeba jednak nadmienić, że w warunkach nawodnień zaznaczyła się tendencja do spadku poziomu tych składników (w porównaniu do owoców roślin nie nawadnianych) i była ona silniejsza przy mikrozraszaniu.

Tabela 42. Zawartość suchej masy, β-karotenu i witaminy C w owocach truskawki, średnio dla lat 1996-2001
Table 42. Content of dry matter, β-carotene and vitamin C in strawberry fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Zawartość w świeżej masie Content in fresh weight		
	sucha masa, % dry matter, %	β-karoten, mg·kg^{-1} β-carotene, mg·kg^{-1}	witamina C, mg·kg^{-1} vitamin C, mg·kg^{-1}
O	11,09 a	0,222 a	639,4 a
K	8,56 b	0,220 a	589,0 a
M	8,54 b	0,217 a	576,0 a
Średnio – Average	9,40	0,220	601,5

Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

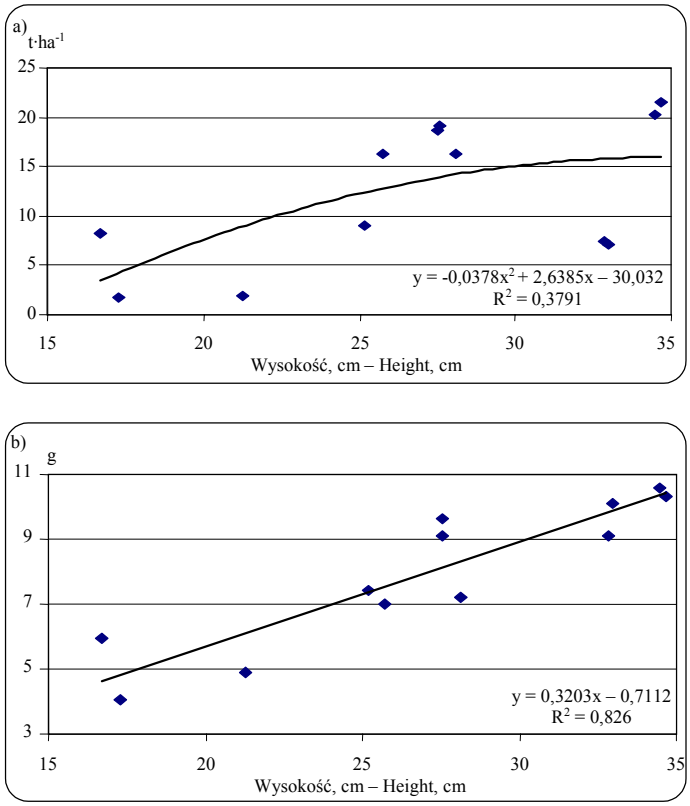
Owoce truskawek uprawianych w warunkach nawadniania charakteryzowały się istotnie niższym poziomem metali ciężkich w swej świeżej masie (tab. 43). Mimo że nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w zawartości Cd, Pb i Zn w owocach z poletek nawadnianych różnymi systemami, to jednak w przypadku każdego z tych składników wystąpiła tendencja do niższego jego poziomu w owocach truskawek zbieranych z roślin nawadnianych przy zastosowaniu mikrozraszania.

Tabela 43. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach truskawki, średnio w latach 1996-2001
Table 43. Content of some heavy metals in strawberry fruits, average for 1996-2001

Zabiegi Treatments	Zawartość w świeżej masie, mg·kg^{-1} Content in fresh weight, mg·kg^{-1}		
	Cd	Pb	Zn
O	0,036 a	0,040 a	1,90 a
K	0,022 b	0,032 b	1,35 b
M	0,019 b	0,031 b	1,19 b
Średnio – Average	0,026	0,034	1,48

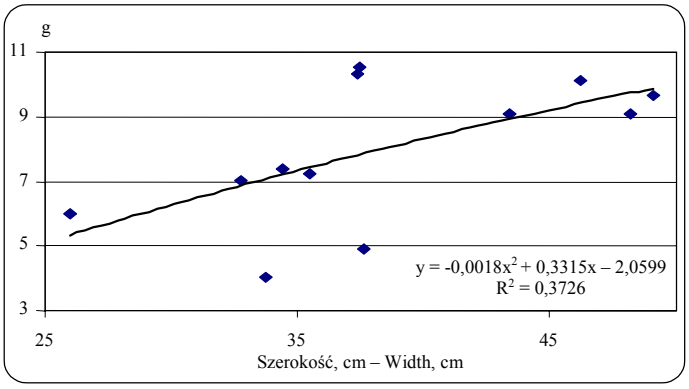
Objaśnienia jak w tabeli 22 – For explanations, see Table 22

Stwierdzono istotne korelacje pomiędzy siłą wzrostu roślin truskawek a odpowiednimi wskaźnikami ich plonowania. Na rysunku 12 przedstawiono zależność, jaka wystąpiła pomiędzy wysokością roślin a plonem owoców (a) bądź ich dorodnością (b). Z analizy przebiegu funkcji opisujących te relacje widać, że wraz ze zwiększaniem się wysokości roślin (w rozpatrywanym przedziale zmienności tej cechy) wzrastał zarówno plon, jak i masa jednego owocu. Dorodność owoców była także dodatnio skorelowana z szerokością roślin truskawki (rys. 13). Cecha ta (masa owocu) była również istotnie uzależniona od liczby liści na jednej roślinie (rys. 14).

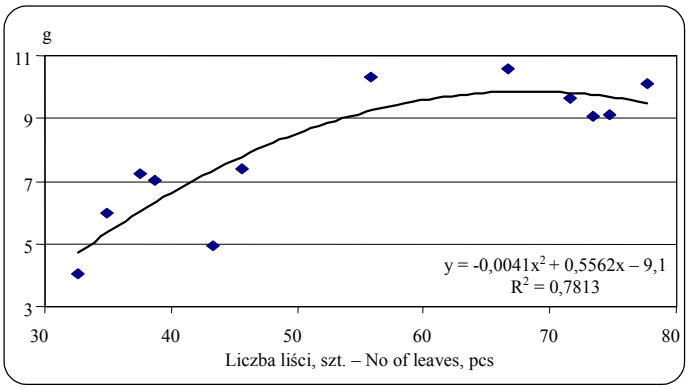


Rys. 12. Zależność pomiędzy wysokością roślin truskawki a plonem owoców (a) bądź masą owocu (b)

Fig. 12. Relation between the height of strawberry plants and fruit yield (a) or the weight of a single fruit (b)



Rys. 13. Zależność pomiędzy szerokością roślin truskawki a masą owocu
Fig. 13. Relation between the width of strawberry plants and the weight of a single fruit



Rys. 14. Zależność pomiędzy liczbą liści na roślinie truskawki a masą owocu
Fig. 14. Relation between the number of leaves on a strawberry plant and the weight of a single fruit

6. DYSKUSJA

6.1. Aronia

Uzyskane w warunkach nawadniania plony handlowe owoców aronii (10,2-11,3 t·ha^{-1}) kształtowały się nieco powyżej wartości podawanych w literaturze [90]. Przykładowo, w Ałtajskiej Stacji Doświadczalnej uzyskano w trakcie 8 lat przeciętny plon wynoszący około 7 t·ha^{-1}, który wahał się jednak w poszczególnych latach w zakresie od 4,9 do 9,8 t·ha^{-1}. Z kolei w Gospodarstwie Ogrodniczym Wranowo na Słowacji zanotowano średni plon w granicach 8-10 t·ha^{-1}. Jak podają Chlebowska i Smolarz [17], plon aronii uprawianej w Sadowniczym Zakładzie Doświadczalnym ISK-Dąbrowice na glebie bielicowo-piaszczystej klasy IVb kształtował się w latach 1983-1987 od 0,164 t·ha^{-1} w pierwszym roku uprawy, do 7,46-10,99 t·ha^{-1} (zależnie od rozstawy w rzędzie) w dwóch ostatnich latach badań. Warto zaznaczyć, że najwyższy plon w cytowanym doświadczeniu przekraczający 10 t·ha^{-1} otrzymano przy rozstawie 0,5 m między roślinami (przy 3 metrowej odległości między rzędami). W doświadczeniach przeprowadzonych w Sadowniczym Zakładzie Doświadczalnym ISK w Albigowej z plantacji w pełni owocowania (piąty rok po posadzeniu) zbierano 10 t·ha^{-1} (z szypułkami) [224]. W badaniach przeprowadzonych w latach 1989-1995 przez Hołubowicza [60] w Wielkopolsce (Przybroda koło Poznania), posadzona wiosną 1988 aronia plonowała od 0,03-0,14 t·ha^{-1} w roku 1989, do 3,72-6,81 t·ha^{-1} w latach 1991-1992, zależnie od wegetatywnego bądź generatywnego sposobu jej rozmnażania. Kleparski i Domino [90] podają natomiast, że w warunkach przyrodniczych naszego kraju z racjonalnie pielęgnowanej plantacji można uzyskać plon w granicach od 5 do 10 ton z 1 ha, Laurow [110] podaje 7-10, zaś zdaniem Ostalskiego [146] plony aronii w naszym kraju wynoszą średnio 5-7 t·ha^{-1}. Według Eggerta [29] roczna wydajność owoców z 1 ha mieści się w granicach 4-11 ton (średnio 5-7 t·ha^{-1}). W innej, nowszej pracy [30] ten sam autor podaje, iż w pełni owocowania wydajność plantacji aronii wynosi 7-10 t·ha^{-1}. Według Kleparskiego [89], w naszych warunkach przyrodniczych można nawet osiągnąć plon sięgający ponad 25 t·ha^{-1} w 6. lub 7. roku po posadzeniu.

Trudniej jest porównywać z wynikami innych autorów plon aronii, jaki uzyskano w badaniach własnych z pojedynczego krzewu, co głównie wynika z takich przyczyn, jak inne zagęszczenie (rozstawa rzędów, odległości między roślinami w rzędzie), sposób rozmnażania krzewów, zróżnicowane nawożenie mineralne. Bardzo niskie (praktycznie żadne) zbiory owoców uzyskane w pierwszych dwu latach uprawy (0,04-0,06 kg) były typowe dla tej rośliny. Równie niskie plony (od 0,02 do 0,1 kg z krzewu) zanotował w pierwszym roku (1989) Hołubowicz [60]. W latach następnych (1990-1992) były one już wyższe (0,84-5,11 kg), a pięcioletni krzew owocował we wspomnianych doświadczeniach średnio około 5 kg, co przy zastosowanej rozstawie (3,0 x 2,5 m tj. 1333 krzewy na 1 ha) odpowiadało plonowi w granicach 6 t·ha^{-1}. Chlebowska i Smolarz [17] w pierwszych trzech latach uprawy także zbierali niewielkie plony. W czwartym i piątym roku owocowania aronii (1986 i 1987) zanotowali oni natomiast zbiór od 1,64-1,84 kg (0,5 m rozstawa w rzędzie), poprzez 2,53-2,84 kg (rozstawa: 1 m) do 2,59-4,12 kg z jednego krzewu (odpowiednio: 1,5 m). W doświadczeniu własnym plony jakie uzyskano w warunkach nawadniania wynosiły w latach pełnego owocowania około 5 kg. W warunkach

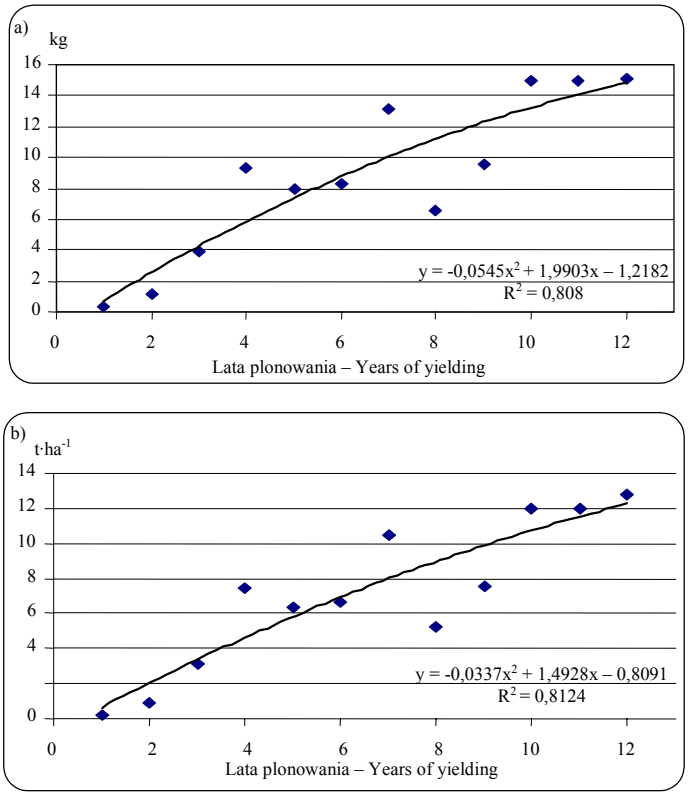
przyrodniczych Zakładu Doświadczalnego ISK w Albigowej uzyskano z plantacji w pełni owocowania z 1 krzewu od 2 do 10 kg owoców [90]. W tym przypadku plantacja aronii była jednocześnie matecznikiem, z którego corocznie pozyskiwano po kilkanaście tysięcy sztuk sadzonek zielnych, co niewątpliwie wpływało na poważne zmniejszenie plonów. Ostalski [147] podaje, że w dobrych warunkach po dojściu do pełnego owocowania można z jednego krzewu uzyskać nawet 12-16 kg owoców. W badaniach przeprowadzonych w Ałtajskiej Stacji Doświadczalnej [90] plon z 1 krzewu wahał się w trakcie ośmiu lat od 4,0 do 9,8 kg, gdy na 1 ha znajdowało się 1000 krzewów, natomiast w innym dwunastoletnim doświadczeniu wynosił on od 0,3 do 15,1 kg, przy obsadzie 800 krzewów na 1 ha. Dla porównania, w doświadczeniu Jeppssona [79] przeprowadzonym w Szwecji aronia odmiany 'Viking' posadzona w październiku 1992 roku (rozstawa 3,5 x 1 m) plonowała z 1 krzewu na poziomie 0,44 kg w 1995 roku, 3,03 kg w 1996 i 1,05 kg w 1997 roku.

Plony aronii wzrastały w kolejnych latach owocowania (tab. 23 i 24), co jest zgodne z danymi literaturowymi [30, 60, 90]. Na rysunku 15 przedstawiono – na podstawie danych liczbowych z Ałtajskiej Stacji Doświadczalnej – tendencję wzrostową plonowania aronii w 12 kolejnych latach owocowania jej krzewów. Eggert [29], Chlebowska i Smolarz [17] oraz Kleparski i Domino [90] piszą, że okres produkcyjności aronii wynosi około 20 lat, zaś Ostalski [146] podaje, że plantacja owocuje przez 12-15 lat, po czym należy ją odnowić.

Wykazana w badaniach własnych zależność wielkości plonów owoców aronii uprawianej bez nawadniania od wysokości naturalnych opadów atmosferycznych od maja do sierpnia (tab. 25), znajduje do pewnego stopnia potwierdzenie w literaturze [17, 18, 29, 90, 146, 170, 173]. Przykładowo Eggert [29] podaje, że ujemny wpływ na wysokość plonu mogą mieć długotrwałe susze, szczególnie latem (lipiec), podczas fazy intensywnego wzrostu owoców. Również zdaniem pozostałych cytowanych autorów, niedostatek wilgoci w okresie wegetacyjnym powoduje słaby rozwój krzewów, obniża urodzaj i pogarsza jakość owoców, co wyraża się ich drobnieniem i marszczeniem, tak iż w konsekwencji stają się one bardzo lekkie. Chlebowska i Salamon [18] piszą między innymi, że w bardzo suchym 1992 roku owoce aronii były znacznie lżejsze niż w latach poprzednich.

Stwierdzone w przeprowadzonym doświadczeniu uzależnienie przyrostów plonów aronii od dawki nawodnieniowej zastosowanej w lipcu jest także potwierdzane poniekąd przez cytowaną już powyżej opinię Eggerta [29], który zwraca uwagę na silne ujemne oddziaływanie na plony aronii, przy braku naturalnych opadów atmosferycznych (suszy) w tym miesiącu. Rejman [170] podaje, że z powodu płytkiego systemu korzeniowego aronia ma duże wymagania wodne, a niedostatek wody wyraźnie obniża plony. Natomiast zdaniem Ostalskiego [146] szczególnie istotne znaczenie mają wiosenne opady w okresie rozwoju pąków i kształtowania się liści oraz wzrostu pędów i formowania się owoców. Autor ten pisze ponadto, że roczne zapotrzebowanie na wodę u aronii wynosi od 500 do 600 mm. Tę samą wielkość opadów rocznych podaje także Eggert [29] oraz Kleparski i Domino [90]. W okresie prowadzenia badań (1996-2001) średnia suma opadów rocznych wynosiła 501 mm, wahając się od 403 do 587 mm. W badaniach własnych przeciętne w sześcioleciu opady od 1 kwietnia do 30 września wyniosły 333 mm (tab. 16). Zdaniem Ostalskiego [146], aronia owocuje najobficiej, a jakość jej owoców jest najlepsza przy opadach okresu wegetacyjnego mieszczących się w zakresie 280-350 mm. Ważna jest jednak nie tylko suma opadów w rozpatrywanym okresie, ale równie istotny jest także i ich rozkład. W czasie prowadzenia badań sumy opadów półrocza letniego (IV-IX) wahały się w poszczególnych latach od 216 do

393 mm i w każdym sezonie wegetacyjnym konieczne było stosowanie nawodnień uzupełniających. Na konieczność nawadniania wpłynęła także z pewnością ograniczona zdolność gleby do ciągłego zaopatrywania roślin aronii w wodę w okresie wegetacji. Wynikało to bezpośrednio z niskiej pojemności wodnej gleby, przy jednoczesnym braku występowania podsiąku (tab. 12).



Rys. 15. Zależność pomiędzy kolejnymi latami plonowania aronii a plonem z 1 krzewu (a) bądź z jednostki powierzchni (b), opracowanie własne na podstawie danych rosyjskich, za Kleparskim i Domino [90]

Fig. 15. Relation between the successive years of yielding of chokeberry from a single bush (a) or from an area unit (b), own elaboration based of Russian data, according to Kleparskim and Domino [90]

Wyniki uzyskane w doświadczeniu przeprowadzonym na glebie bardzo lekkiej potwierdziły wcześniej wyrażany pogląd, że aronia ma małe wymagania glebowe [18, 90, 146]. Chlebowska i Salamon [18] uważają jednak, iż nie należy sadzić krzewów tej rośliny na glebach zbyt piaszczystych. W świetle uzyskanych wyników widać, że uprawa aronii na luźnych glebach piaszczystych jest całkiem możliwa pod warunkiem stosowania jednak nawodnień uzupełniających.

Zastosowanie w takich warunkach mikronawodnień wysoce istotnie zwiększyło plony owoców aronii (tab. 23 i 24). Trudno to jednak odnieść do wyników innych autorów, ponieważ nie udało się natrafić w dostępnej literaturze na informacje o produkcyj-

nych efektach nawadniania tego gatunku. Jedynie Ostalski [146, 147] zaleca nawadnianie plantacji aronii podczas dłuższych okresów suszy w czasie od kwitnienia do pełnego wykształcenia się owoców. W uprawie porzeczki czarnej (przyrównywanej często z konieczności do aronii, ze względu na brak danych o rezultatach nawadniania tego gatunku), nawadnianie podnosiło istotnie plony owoców zarówno w badaniach krajowych (tab. 2), jak i zagranicznych (tab. 1).

Z porównania obu zastosowanych systemów nawodnieniowych widać, że zapewniały one plonowanie aronii na zbliżonym poziomie, z lekką (ale nieistotną) przewagą mikrozraszania. Pewna wyższość systemu kroplowego przejawiała się jednak w oszczędniejszym zużyciu zastosowanej do nawadniania wody (tab. 5) oraz w jej większej efektywności plonotwórczej (rys. 8). Ta zaleta systemu kroplowego znajduje potwierdzenie w literaturze odnoszącej się do innych gatunków: wiśni i śliwy [185], jabłoni [149-151, 184, 222], porzeczki [21, 48, 58, 66, 71, 72, 130, 131, 141, 148, 189, 198, 199] i truskawki [1, 6, 9, 15, 82, 95, 112-114, 139, 162, 216].

Nawadnianie spowodowało wzrost plonu dzięki zwiększeniu zarówno masy owoców, jak również ich liczby w owocostanie, a w konsekwencji także ciężaru owocostanu (tab. 27). Średnia masa owocu wzrosła z 0,66 do 0,90-0,91 g. W badaniach Jeppssona [79] masa owocu wynosiła 0,61-0,85 g. W doświadczeniu Hołubowicza i współautorów [63] masa 100 jagód aronii w 5 roku po założeniu plantacji (1992) była jeszcze niższa i wynosiła 48-50 g (zatem ciężar 1 owocu odpowiednio: 0,48-0,50 g). Zdaniem Eggerta [29] ciężar pojedynczego owocu aronii wynosi przeciętnie od 1 do 1,5 g, zaś według Kleparskiego i Domino [90] oraz Rejmana [170] – około 1 g. Znacznie wyższą, niespotykaną w pracach innych autorów masę 100 owoców aronii w granicach 276-283 g stwierdzili w swych badaniach Smolarz i Chlebowska [203]. W innych doświadczeniach Smolarza i współautorów [204] masa 100 owoców była jeszcze wyższa i wahała się zależnie od dawki azotu, od 439 do 465 g. Trudno wyjaśnić tak duże zaistniałe różnice. Przypuszczalnie należy je wiązać z wyjątkowo korzystnym układem warunków klimatyczno-glebowych i pokarmowo-wilgotnościowych siedliska, w którym przeprowadzono wspomniane dwa ostatnie doświadczenia bądź też bardzo wysoką jakością hodowlano-genetyczną stosowanych w badaniach biotypów sadzonek aronii. Być może także stosowne analizy przeprowadzono jedynie na frakcji najbardziej dorodnych owoców plonu handlowego.

Średnia wysokość krzewów aronii w sześcioletnich badaniach własnych mieściła się, zależnie od wariantu wodnego, w zakresie 133,9-156,7 cm (tab. 22). Przy czym przez wszystkie lata badań wzrost roślin był najsłabszy na poletkach kontrolnych (bez nawadniania). Potwierdza to opinie większości spośród cytowanych już uprzednio autorów polskich [17, 18, 90, 146], że niedostatek wilgoci w okresie wegetacyjnym powoduje słaby rozwój krzewów. W czteroletnim doświadczeniu Smolarza i Chlebowskiej [203] wysokość krzewów aronii, zależnie od rozpatrywanego roku badań, sposobu rozmnażania i wyboru sadzonek, wahała się od 103,7 do 187,0 cm. W innych, trzyletnich badaniach Smolarza i współautorów [204] wielkość ta mieściła się zależnie od dawki azotu i roku w granicach od 149,1 do 230,9 cm. Zdaniem Szkopka [215], aronia czarnoowocowa (*Aronia melanocarpa*) tworzy z reguły niewielkie krzewy od 50 do 100 cm. W badaniach Jeppssona [79] nad wpływem dawki nawozowej na wzrost wegetatywny, wysokość krzewów aronii czarnoowocowej odmiany ‘Viking’ wynosiła, zależnie od roku badań, od 62 do 99 cm. Według Ostalskiego [147] krzewy aronii osiągają wysokość 2,0-3,0 m, wg Rojka [173] 2-2,5 m, zaś zdaniem Chlebowskiej i Smolarza [17] dorastają one do wysokości 2,5 m. Rozbieżności te wynikają (poza odmiennymi warunkami klimatyczno-glebowymi, nawożeniem i stosowanymi różnymi innymi czynnikami doświadczeń) być może także

i z tego powodu, że – jak zwraca uwagę Szkopek [215] – prawdopodobnie większość obecnie uprawianych u nas krzewów to krzyżówki aronii śliwolistnej (*A. prunifolia*) mogącej osiągać wysokość do 4 m, z aronią czarnoowocową (*A. melanocarpa*) wyrastającą jedynie do 1 m. Mieszańce *A. prunifolia* x *A. melanocarpa* są zdaniem cytowanego autora bardzo często spotykane w uprawie i bywają przy tym mylnie nazywane *A. melanocarpa*. Trzeba nadmienić, że w czasie gdy rozpoczynano badania własne nie znano jeszcze w Polsce odmian uprawnych aronii. Znane są jednak różne odmiany aronii czarnoowocowej, np. 'Viking' – fińska, 'Aron' – duńska, czy też 'Nero', która bywa często szczepiona na podkładce piennej [215].

Wyznaczona w badaniach własnych zależność pomiędzy wysokością bądź szerokością krzewów aronii a plonem owoców (rys. 4) znajduje potwierdzenie w ustaleniach poczynionych dla warunków szwedzkich przez Jeppssona [79]. Cytowany autor stwierdził bowiem w dwóch (1996 i 1997) z trzech lat badań istnienie dodatniej korelacji pomiędzy wysokością roślin a plonami owoców jakie z nich zebrano. Wielkości policzonych przez niego istotnych współczynników korelacji wynosiły odpowiednio 0,857** i 0,867***. W przeprowadzonych doświadczeniach własnych wyznaczono również zależność pomiędzy długością pędów a masą jednego owocostanu bądź liczbą owoców w nim występujących (rys. 5). Kawecki [84] stwierdził natomiast większą obfitość plonowania u roślin silniej rosnących oraz wzrost liczby owoców w baldachogronie u roślin starszych, co w pewnym zakresie potwierdza ustalenia własne.

Przyjmuje się na ogół dość zgodnie, że aronia jest odporna na działanie niskich temperatur [18, 60, 90, 146]. We wczesnych badaniach (1983-1987) Chlebowskiej i Smolarza [17] kwiaty aronii nie były uszkodzone przez wiosenne przymrozki w żadnym roku. Eggert [29] wyraża opinię, że wydłużony okres kwitnienia rozpoczynający się u aronii w drugiej połowie maja, eliminuje prawie zupełnie wpływ późnych przymrozków. Zdaniem Ostalskiego [146] krótkotrwałe przymrozki zdarzające się w okresie wegetacyjnym nie mają większego wpływu na owocowanie. Chlebowska i Salamon [18] piszą zaś, że przymrozki wiosenne mogą spowodować przemarzanie młodych liści, zwłaszcza gdy rośliny rosną na terenach nisko położonych. Kwiaty natomiast zdaniem tych autorów, z uwagi na późne u aronii kwitnienie i szybkie zawiązywanie owoców, na ogół nie przemarzają. O możliwości sporadycznego uszkodzenia kwiatów i zawiązków przez wiosenne przymrozki na terenach obniżonych (zastoiska mrozowe) piszą Kleparski i Domino [90]. Smolarz i współautorzy [204] stwierdzili w pierwszym roku (1990) swych pięcioletnich badań (1990-1995) 10% zniszczenie kwiatów przez przymrozki. Warto nadmienić, że we wspomnianym roku wystąpił najdłuższy okres kwitnienia aronii, co dodatkowo zwiększyło niebezpieczeństwo uszkodzenia kwiatów i zawiązków. W badaniach własnych późne przymrozki wiosenne (druga dekada maja) w 2000 roku zniszczyły jeszcze więcej kwiatów aronii (około 50%). Trzeba zaznaczyć, że plantacja aronii zlokalizowana była w lokalnym obniżeniu terenowym, w dolinie Noteci (zastoisko mrozowe).

Owoce aronii były bogate w witaminę C i β-karoten, co potwierdza wcześniejsze informacje z literatury [29, 30, 59, 87, 90, 110, 146, 170, 173]. Nawadnianie nie modyfikowało istotnie zawartości tych składników, jednak w przypadku poziomu suchej masy w owocach wystąpiła wyraźna tendencja do jego spadku zarówno przy nawadnianiu kroplowym (słabsza), jak i mikrozraszaniu (silniejsza). Poziom suchej masy w owocach aronii (20,9-22,6%), jaki oznaczono w doświadczeniu własnym (tab. 29), kształtował się w zakresie (17-26%) podanym w literaturze [90, 110, 170].

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 nie poparte 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 [59] i Eggert [30]. Jak pisze Hołubowicz [59] 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 (tab. 44). Podobnie w badaniach Hołubowicza [59] zawartość metali ciężkich w owocach aronii była znacznie poniżej obowiązujących w Polsce norm. Także Laurow [110] 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 [59] cytuje dane z laboratoriów w Skierniewicach, Gdyni i innych regionów kraju o braku skażenia metalami ciężkimi owoców aronii.

Tabela 44. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach aronii
Table 44. Content of some heavy metals in chokeberry fruits

Źródło Source	Zawartość w świeżej masie, $mg \cdot kg^{-1}$ Content in fresh weight, $mg \cdot kg^{-1}$		
	Cd	Pb	Zn
Hołubowicz [59]	nie wykryto not detected	0,05	2,23
Hołubowicz [59]	0,009	nie wykryto not detected	2,67
Badania własne: tab. 29 Own testing: Table 29	0,012 (0,011-0,015)	0,030 (0,029-0,031)	2,18 (1,65-2,71)
Norma graniczna obowiązująca w Polsce Obligatory boundary standard in Poland			
Od 1993 – Since 1993	0,04	0,3	10,0
Od 2000 – Since 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 [226], maksymalna dopuszczalna zawartość kadmu dla owoców jagodowych (w $mg \cdot kg^{-1}$ 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.

6.2. Porzeczka czarna

Nawadnianie zwiększyło istotnie siłę wzrostu krzewów porzeczki czarnej (tab. 31), co należy ocenić bardzo pozytywnie, gdyż wielu autorów [36, 47, 58, 91, 118, 227] zwraca uwagę na to, że prawidłowy wzrost i rozwój krzewów jest warunkiem obfitego plonowania tej rośliny. Także w niektórych doświadczeniach zagranicznych [36, 93, 94, 141, 148], nawadnianie zwiększało wzrost pędów porzeczki czarnej uprawianej na glebach lekkich o niskiej pojemności wodnej. W badaniach przeprowadzonych natomiast na glebach o dużej pojemności wodnej, nawadnianie nie oddziaływało istotnie na wzrost pędów [68, 141, 189].

Porzeczki osiągnęły w sześcioletnim okresie badań przeciętną wysokość od 133 cm (bez nawadniania) do 156-161 cm (z nawadnianiem). Bardzo podobne wyniki uzyskali Mazur i Hołysz [131], którzy w siódmym roku po posadzeniu stwierdzili, że wzrost roślin wynosił, zależnie od odmiany, 135-171 cm. Przy czym w okresie prowadzenia badań przez tych autorów nawadnianie nie miało większego wpływu na wysokość i szerokość krzewów obu odmian (‘Ojebyn’ i ‘Roodknop’). Smolarz [201, 202] pisze, że ‘Titania’ wyróżnia się na tle innych odmian silnym wzrostem. W badaniach Chlebowskiej [16] wysokość krzewów odmiany ‘Titania’ wynosiła 135 cm. Zaliwski [227] podaje wysokość krzewów 8 odmian porzeczki czarnej, która mieściła się w zakresie od 100 do 200 cm i była bardzo zróżnicowana dla poszczególnych odmian. W badaniach Mazura i Hołysz [131] odmiana ‘Roodknop’ charakteryzowała się niezależnie od nawadniania, wyższymi i szerszymi krzewami od odmiany ‘Ojebyn’. W badaniach własnych stwierdzono zależność pomiędzy szerokością krzewów (testowanej odmiany ‘Titania’) a plonem owoców (rys. 9). Potwierdza to w pewnym stopniu informacje podane przez Smolarza [201], że odmiana ta w młodym wieku (gdy poziom plonów jest przecież niższy) cechuje się pokrojem zwartym, później kolistym, aż do rozłożonego. Hofmann [57] w swoich badaniach stwierdził, że istnieje dodatnia korelacja między wzrostem krzewów porzeczki a plonem owoców.

Plony owoców zebrane z jednego krzewu (nawadnianego) trzeba uznać za dość wysokie. Wynosiły one bowiem przeciętnie w okresie badań (1996-2001) 2,7-2,9 kg, zaś w latach bez przymrozków wzrastały do 3,7-3,9 kg (tab. 32). Wyniki te potwierdzają zatem wcześniejsze opinie Kluczyńskiej [91], Makosza [118] i Smolarza [201, 202], że krzewy ‘Titanii’ dają wysoki plon. Zdaniem Makosza [118] odmiana ta odznacza się tak bardzo wysoką plennością, że może ona w sprzyjających warunkach dochodzić nawet do 8,5-9,5 kg owoców z jednego krzewu. Dla porównania, według tego samego autora, plenność jednego krzewu odmian ‘Ben Lomond’ i ‘Ben Nevis’ wynosi od 6,1 do 6,5 kg, gdy przeciętna wielkość plonu dla pozostałych odmian porzeczki czarnej kształtuje się na poziomie około 5,5 kg. Jednak średni – dla dziewięciu odmian – plon z jednego krzewu jaki uzyskano w pięciu różnych regionach Polski wynosił 2 kg, wahając się od 1,4 kg (‘Boskop Giant’) do 2,5 kg (‘Blacksmith’) [118]. Trzeba jednak pamiętać przy takich porównaniach, że poszczególne odmiany różnie plonują w odmiennych warunkach siedliskowych, przy zróżnicowanej obsadzie. Makosz [118] podając wyniki 13 doświadczeń odmianowych (w każdym testowano od 9 do 30 odmian), przeprowadzonych w Niemczech i Polsce, podaje plony od 0,7 (odmiany plonujące najgorzej: ‘Davison’s 8’ i ‘Goliath’) do 2,2-4,0 kg z jednego krzewu (odmiany plonujące najlepiej:

'Blacksmith', 'Roodknop' i 'Daniels September'). Zaliwski [227] zamieszczając szczegółowe dane dla 14 odmian uprawnych porzeczki czarnej (bez odmiany 'Titania') podaje natomiast, iż mogą się one kształtować od 1,0 ('Boskop Giant') do 3,2 kg ('Ojebyn'). W badaniach Chlebowskiej [16] wielkość plonu odmiany 'Titania' wynosiła 4,22 kg z rośliny.

Zastosowane w uprawie porzeczki systemy mikronawodnień istotnie zwiększyły plony owoców (tab. 33). Potwierdza to wyniki uzyskane wcześniej przez innych autorów zagranicznych (tab. 1). W niektórych jednak przypadkach odnotowano brak wpływu nawadniania na plonowanie lub też jego oddziaływanie było niewielkie bądź nieistotne [68, 107, 189]. Także w opinii Makosza [118] dotychczasowe badania nad jak to określa „sztucznym nawadnianiem" porzeczek nie wykazały jego istotnego wpływu na wielkość i jakość plonu. Chociaż cytowany autor dalej zauważa, że dodatkowe nawadnianie może w pewnych przypadkach – ale tylko na zbyt lekkich glebach oraz w czasie długotrwałej suszy – istotnie wpłynąć na lepsze plonowanie krzewów. W doświadczeniu własnym, przeprowadzonym właśnie na glebie bardzo lekkiej, wpływ nawadniania był istotny we wszystkich kolejnych sześciu latach badań, z których trzy (1996, 1998 i 2001) cechowały się stosunkowo dużą ilością opadów w sezonie wegetacyjnym (odpowiednio: 393, 374 i 374 mm). W doświadczeniach innych autorów większe zwyżki plonów porzeczki czarnej osiągano dzięki nawadnianiu prowadzonemu bądź w cieplejszych strefach klimatycznych [209], bądź też w warunkach klimatu europejskiego w latach posusznych [72, 148]. W sezonach wilgotnych natomiast nawadnianie z reguły nie oddziaływało istotnie na plony porzeczki [68, 148, 130, 131], chociaż były również pojedyncze przypadki całkowicie odmienne [36]. Brak wpływu nawadniania na plony porzeczki spowodowany był, poza wzmiankowaną już wcześniej wystarczającą ilością opadów atmosferycznych w okresie wegetacji, także wysoką pojemnością wodną oraz wartością bonitacyjną gleby [68, 130, 131, 189].

Nawadnianie podnosiło plony owoców porzeczki poprzez zwiększenie średniej masy owocu, liczby owoców w gronie i w rezultacie – przez wzrost ciężaru owocostanu (tab. 34). W badaniach zagranicznych otrzymany dzięki nawadnianiu wzrost plonów handlowych porzeczki czarnej spowodowany był także najczęściej zwiększeniem średniej masy (wielkości) owocu [36, 57, 58, 67, 132, 148, 209], liczby owoców w gronie [36, 57, 97], jak też i wzrostem ciężaru grona [57, 58, 66, 67]. W niektórych jednak przypadkach wpływ nawadniania na wspomniane cechy był nieistotny [68, 107, 130, 131, 225]. Z kolei Sakshaug i Ingvarsson [189] wykazali w swych badaniach negatywny związek pomiędzy plonem a wielkością owoców. Odnotowali oni bowiem największe owoce i najniższy plon w kombinacji bez nawadniania.

W literaturze znaleziono tylko jedną wzmiankę o uprawie odmiany 'Titania' w warunkach nawadniania, dotyczącą badań przeprowadzonych w Niemczech w latach 1990-1993 przez Hofmanna [58]. Autor ten badał wpływ nawadniania kroplowego na plonowanie nowych odmian porzeczki czarnej, z których 'Titania' wykazała najsilniejszą dodatnią reakcję. Przeciętny zaś przyrost plonu nowych odmian ('Titania', 'Ben Lomond' i 'Ben Nevis') był o 50% wyższy od zanotowanego w przypadku tradycyjnej odmiany 'Bogatyr'.

Uzyskane w warunkach nawadniania plony owoców porzeczki czarnej, wynoszące – w przeliczeniu na 1 ha – około 11 t były o 100% wyższe od przeciętnych plonów tej rośliny (około 5,5 $t \cdot ha^{-1}$) notowanych w regionie bydgoskim [78]. Gdyby porównywać zbiory z lat bez przymrozków (15-16 ton z 1 ha), to wspomniana różnica sięgałaby już wtedy prawie 200%. Średni plon 9 odmian porzeczki czarnej określanych przez Zaliw-

skiego [227] jako „cenniejsze", wyniósł dla warunków polskich 5,1 t·ha^{-1}, wahając się od 2,5 ('Boskop Giant') do 6,5 t·ha^{-1} ('Mendip Cross' i 'Roodknop'). W doświadczeniu Chlebowskiej [16] wielkość plonu odmiany 'Titania' wynosiła 12,0 t·ha^{-1}. Uzyskane wyniki własne świadczą zatem o dużej efektywności nawadniania porzeczki uprawianej na glebie bardzo lekkiej. Przyrosty plonów otrzymane w wyniku zastosowania mikronawodnień były znacznie wyższe od efektów nawadniania tej rośliny w badaniach innych autorów polskich (tab. 2). Niektórzy z nich już wcześniej przypuszczali, że na glebach słabszych zwyżki plonu pod wpływem nawadniania byłyby wyższe od notowanych na glebach żyznych [43, 118, 130, 131]. Na tych ostatnich gruntach możliwe jest jednak uzyskanie bardzo wysokich plonów. Przykładowo, Makosz [118] pisze – za Miazgą – że odmiana 'Roodknop' uprawiana na Zamojszczyźnie plonowała średnio od 9,5 do 20,0 t·ha^{-1}.

Wysoka efektywność nawadniania stwierdzona w systemie kroplowym, znajduje potwierdzenie w literaturze [21, 28, 48, 58, 66, 71, 72, 130, 131, 141, 148, 189, 198, 199].

Najwyższe plony handlowe owoców porzeczki uzyskano, gdy kształtowane przez deszcz i nawadnianie warunki wodne w okresie od kwietnia do czerwca mieściły się w zakresie 240-280 mm, a w czerwcu wynosiły od 110 do 120 mm (rys. 6). Obliczone metodą Drupki [24] niedobory wodne porzeczki (IV-VI) były nieco niższe i wynosiły (przeciętnie w okresie 1996-2001) około 230 mm (tab. 19). W poszczególnych latach bywały one jednak i większe (przykładowo w 2000 roku wyniosły 242 mm). Także niższe potrzeby oszacowano tą samą metodą dla czerwca (93 mm). Zaliwski [227] szacuje natomiast potrzeby wodne porzeczki w okresie od kwietnia do czerwca na 220 mm, przy czym 80 mm powinno przypadać jego zdaniem na ostatni z tych trzech miesięcy.

Jak już wspominano, w dwóch (1997 i 1999) spośród sześciu lat badań wystąpiły przymrozki podczas kwitnienia porzeczki czarnej, powodując w rezultacie znaczne obniżenie plonów owoców (tab. 32 i 33). Mazur i Hołysz [131] podają, że niższe plonowanie odmiany 'Roodknop' w 1990 roku także było wynikiem silniejszego uszkodzenia kwiatów przez przymrozki (ponad 55%), w porównaniu z odmianą 'Ojebyn' (25%). Również w badaniach Słowik i Chlebowskiej [199] przymrozki zniszczyły w trzech latach badań znaczną część plonów. U odmiany 'Roodknop' plony obniżyły się z około 15 t·ha^{-1} do poziomu 2,8-4,2 t·ha^{-1}, a u 'Ojebyn' z 8-10 t·ha^{-1} do 1,3-3,5 t·ha^{-1}, zależnie od kombinacji doświadczalnej. Makosz [118] przytacza dane niemieckie, z których wynika, że przy temperaturze w pobliżu powierzchni ziemi od -2 do -5^{o}C zostało zniszczonych około 90% kwiatów porzeczki czarnej, a przy temperaturze około -3^{o}C średnio 70% kwiatów porzeczki czerwonej. Ten sam autor radzi dalej, aby przy wyborze miejsca na plantację porzeczek zwracać szczególną uwagę na ukształtowanie i wystawę terenu. Ze względu na dużą wrażliwość kwiatów porzeczek na przymrozki należy unikać tzw. zastoisk mrozowych, czyli zamkniętych dolin bądź płaskich terenów przylegających do rzek. W przypadku doświadczenia własnego, plantację ze względów organizacyjnych oraz przyjęte założenia metodyczne założono na istniejącym już wcześniej polu doświadczalnym o płaskiej powierzchni, wyposażonym w stosowną instalację nawodnieniową, w odległości około 300 m od łąk i pastwisk, a ponad 600 m od Kanału Kruszyńskiego. Powodowało to, że występujące w okresie badań późne przymrozki wiosenne niszczyły niekiedy część kwiatów. Najlepszym sposobem ochrony przed przymrozkami jest zraszanie krzewów wodą [118]. Pozytywne skutki takiego zraszania porzeczek czarnych w okresie kwitnienia w 1980 roku, gdy temperatura spadała poniżej O^{o}C, podają między innymi Słowik i współautorzy [200]. Odmiana 'Ojebyn' dała

2,1 t·ha^{-1} z plantacji nie chronionej i 2,99 t·ha^{-1} z chronionej zaś, 'Roodknop' 4,0 t·ha^{-1} z plantacji nie chronionej i 5,4 t·ha^{-1} z chronionej.

Nawadnianie nie oddziaływało istotnie na poziom suchej masy, β-karotenu i witaminy C w owocach porzeczki czarnej (tab. 35). W badaniach niemieckich [57] nawadnianie także nie wpływało istotnie na poziom suchej masy. W doświadczeniu własnym zaznaczyła się w warunkach stosowania nawodnień tendencja malejąca w przypadku poziomu suchej masy. Taki kierunek zmian w owocach roślin nawadnianych jest zjawiskiem dość typowym [28, 180]. Przeciętna stwierdzona zawartość suchej masy mieściła się w zakresie od 16,32 do 16,86% (średnio 16,34%). Zaliwski [227] na podstawie wyników wielu autorów podaje, że dla owoców porzeczki czarnej wynosi ona przeciętnie 19,7%, wahając się jednak od 14,1 do 24,4%.

W tabeli 45 skonfrontowano stwierdzone w badaniach własnych zawartości witaminy C z liczbami podawanymi przez innych autorów. Okazuje się, że owoce odmiany 'Titania' były bogate w kwas askorbinowy, którego poziom przewyższał odpowiednie wartości dla odmian 'Roodknop', 'Otelo' i 'Eva' testowanych – w warunkach nawadniania – w Słowacji [66] oraz dane uzyskane w Polsce przez Kluczyńską [91]. Z kolei liczby podawane na podstawie wyników Lavollaga i innych przez Zaliwskiego [227] wydają się być mocno zawyżone, gdyż nie udało się znaleźć dla nich żadnego potwierdzenia w nowszych pracach.

Tabela 45. Zawartość witaminy C w owocach porzeczki czarnej
Table 45. Content of vitamin C in fruits of black currant

Źródło Source		Zawartość w świeżej masie, mg·kg^{-1} Content in fresh weight, mg·kg^{-1}		
		Minimalna – Minimum	Maksymalna – Maximum	Średnio – Mean
Zaliwski [227]		6600	25800	16200
Hričovský, Baxa [66]	1	1920	2361	2180
	2	1975	2286	2087
	3	2040	2226	2137
	4	1987	2265	2135
Kluczyńska [91]		1200	2350	1775
Rzekanowski i in. [178]		3300	3680	3543
Badania własne: tab. 34 Own testing: Table 34		2840	2893	2860

1, 2, 3, 4 – odpowiednio: 'Roodknop', 'Otelo', 'Eva' i wartość średnia;
1, 2, 3, 4 – 'Roodknop', 'Otelo', 'Eva' and the mean value, respectively

Stwierdzony w badaniach własnych poziom metali ciężkich w owocach potwierdza niską skłonność porzeczki czarnej do kumulacji tych pierwiastków (tab. 46). Nie przekroczono jednocześnie obowiązujących w Polsce norm dotyczących ich dopuszczalnej zawartości w owocach jagodowych. Zaliwski [227] na podstawie wyników wielu innych autorów podaje, że przeciętna zawartość Zn w świeżej masie porzeczek wynosi 1,2 mg·kg^{-1}, zaś w innym miejscu na podstawie wyłącznie danych fińskich, Koivistoinena i współautorów wymienia 2,6 mg·kg^{-1}. Gobo i współautorzy [35] stwierdzili u porzeczki 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 mg·kg^{-1}). Zawartość Cd przewyższyła natomiast normę o 84% w owocach porzeczki białej i o 45,6-59,0% u czerwonej.

Tabela 46. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach porzeczki czarnej
Table 46. Content of some heavy metals in fruits of black currant

Źródło Source	Zawartość w świeżej masie, mg·kg^{-1} Content in fresh weight, mg·kg^{-1}		
	Cd	Pb	Zn
Rzekanowski i in. [178]	0,01 (0,008-0,011)	0,153 (0,134-0,175)	3,38 (3,32-3,43)
Badania własne: tab. 35 Own testing: Table 35	0,017 (0,015-0,021)	0,050 (0,041-0,058)	2,53 (2,43-2,62)
Norma graniczna obowiązująca w Polsce Obligatory boundary standard in Poland			
Od 1993 – Since 1993	0,04	0,3	10,0
Od 2000 – Since 2000	0,03	0,2	10,0

6.3. Truskawka

Truskawki uprawiane na bardzo lekkiej glebie o niskich właściwościach retencyjnych były w sposób szczególny wrażliwe na warunki atmosferyczne w czasie prowadzenia badań. W okresach wysokich temperatur i związanych z nimi niskich opadów atmosferycznych na poletkach kontrolnych (bez nawadniania) występowało wyraźne ograniczenie wzrostu i rozwoju, prowadzące niekiedy do całkowitego zasychania niektórych roślin. Potwierdza to tym samym opinie wielu autorów [23, 28, 61, 166] o truskawce, jako roślinie bardzo wrażliwej na niedobory wody, które ujawniały się ostro w warunkach gleby o niskiej pojemności wodnej.

Nawadnianie zapewniało prawidłowy wzrost i rozwój roślin, co wyrażało się istotnym zwiększeniem wysokości i szerokości roślin oraz liczby liści (tab. 37). Potwierdza to do pewnego stopnia poglądy Makosza [118] i Zaliwskiego [227], że im większa siła wzrostu (więcej liści na roślinie), tym większe plonowanie truskawki. W badaniach własnych stwierdzono istnienie takich zależności (rys. 12-14). Mazur [129] jednak odnotował brak istotnego wpływu deszczowania oraz nawadniania kroplowego na wzrost truskawki odmiany ‘Senga Sengana’. Mogło to wynikać z faktu, że badania były przeprowadzone na glebie żyznej (III klasa bonitacyjna) o wysokiej pojemności wodnej i przy większych opadach atmosferycznych w okresie wegetacji. Średnia w okresie badań wysokość roślin truskawki wynosiła, zależnie od kombinacji nawodnieniowej, od 18 cm bez nawadniania do 29-30 cm z nawadnianiem. Makosz [118] podaje, że wysokość roślin tej odmiany w drugim i trzecim roku po posadzeniu wynosi odpowiednio 34 i 32 cm, a szerokość 48 cm. W doświadczeniu własnym przy nawadnianiu rośliny miały 40-41 cm wysokości. Podobnie kształtowała się średnia liczba liści na roślinie odmiany ‘Senga Sengana’ (42-66 wg Makosza, a 37-66 w badaniach własnych). Świadczy to o tym, że nawadnianie zapewniało prawidłowy wzrost roślin truskawki.

Ponieważ warunki klimatyczne w okresie prowadzenia badań nie zapewniały optymalnego uwilgotnienia gleby w poszczególnych okresach wegetacyjnych i fazach wzrostowych truskawki uprawianej na glebie bardzo lekkiej, konieczne było zatem nawadnianie plantacji (tab. 5). Osiągnięte w badaniach własnych plony truskawki upra-

wianej w warunkach stosowania nowoczesnych metod nawadniania, wynoszące w przeliczeniu na 1 ha 11 t w sześcioleciu i blisko 16 t w latach bez przymrozków przewyższały znacznie średnie zbiory owoców tej rośliny (3,4 t·ha^{-1}), notowane w praktyce produkcyjnej regionu bydgoskiego [78]. Makosz [118] podaje, że w jednym z doświadczeń plony owoców odmiany 'Senga Sengana' wynosiły, zależnie od terminu sadzenia od 4,0 do 23,7 t·ha^{-1}. Bardzo wysokie plony tej odmiany (ponad 34 t·ha^{-1}) zanotował także Mazur [129]. W badaniach Koszańskiego i współautorek [98] odmiana ta plonowała w warunkach nawadniania kroplowego także na poziomie ponad 30 t·ha^{-1}, a w 2000 roku (trzeci rok plonowania) wydała (przy nawożeniu 110 kg NPK·ha^{-1}) plon wynoszący aż 54,1 t·ha^{-1}. Pozostali krajowi autorzy notowali w doświadczeniach z nawadnianiem truskawek odmiany 'Senga Sengana' niższe plony (tab. 4). Rebandel [166] uważa plony truskawek za wysokie, kiedy ich poziom przekracza 15 t·ha^{-1}, zaś odmianę 'Senga Sengana' za bardzo plenną, dającą od 10 do 15 t·ha^{-1}. Autorka ta podaje jednocześnie, że maksymalny plon owoców odmiany 'Senga Sengana' osiągnięty w Katedrze Sadownictwa AR w Poznaniu wynosił 49 t, a średni roczny 34 t z 1 ha – w cytowanym już uprzednio doświadczeniu Mazura [129]. Świadczy to o realnej możliwości uzyskiwania wysokich plonów owoców, pod warunkiem jednak prawidłowej, nowoczesnej uprawy, właściwej ochrony przed chorobami, szkodnikami i mrozem oraz pełnego pokrycia potrzeb wodnych. Na rysunku 16 przedstawiono zależność pomiędzy wahaniami zawartości wody w glebie a przebiegiem asymilacji, którą obliczono na podstawie danych z literatury [227]. Trzeba nadmienić, że wyższa wilgotność gleby była w tym przypadku wynikiem zastosowania nawadniania.

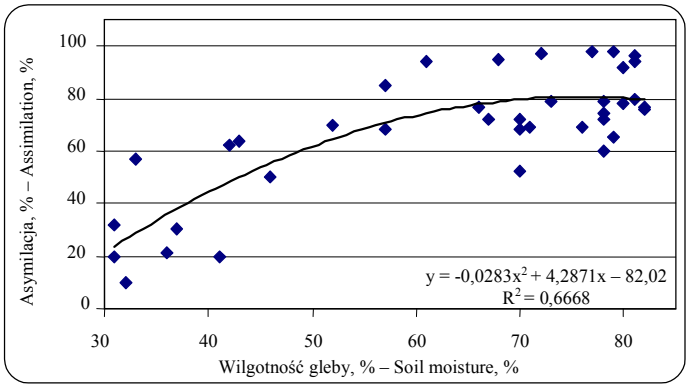
Trudno jest natomiast porównywać poziom plonów owoców z doświadczenia własnego ze zbiorami truskawek uprawianych w takich rejonach, jak: USA (Kalifornia), Meksyk, Izrael, południowe Włochy czy Hiszpania. Ponieważ truskawka nie przechodzi tam okresu spoczynku z powodu dłuższego dnia niż u nas. Zaczyna obfite kwitnienie wczesną wiosną, a następnie kwitnie i owocuje nieprzerwanie przez 6-7 miesięcy, zaś rośliny nie tworzą rozłogów [118]. Wyhodowane, dostosowane do tych termofotoperiodycznych warunków odmiany charakteryzują się średnim plonem z 1 ha 3-4 krotnie wyższym niż w Polsce.

Przyrost plonu owoców truskawki wskutek nawadniania jaki zanotowano w przeprowadzonych badaniach, wyniósł po przeliczeniu średnio ponad 7 t·ha^{-1}, zaś w latach bez przymrozków ponad 10 t·ha^{-1}. W innych badaniach krajowych osiągano z reguły niższe efekty produkcyjne przy nawadnianiu tej odmiany (tab. 4). Podobne zwyżki plonów (ponad 10 t·ha^{-1}) osiągnięto natomiast we wcześniejszych badaniach własnych (1993-1995) nad porównaniem deszczowania z nawadnianiem kroplowym [175]. W badaniach zagranicznych dobre rezultaty nawadniania kroplowego odmiany 'Senga Sengana' uzyskał w wielu przeprowadzonych przez siebie doświadczeniach Matuškovič [123-127], notując w czteroletnich badaniach maksymalny wzrost plonów o ponad 11 t·ha^{-1} (tab. 3).

Otrzymany w doświadczeniu przyrost plonów skutkiem prowadzenia mikronawodnień wynikał zarówno ze wzrostu liczby owoców na roślinie, jak i zwiększenia ich masy, co znajduje odniesienie w dostępnej literaturze [8, 13, 27, 86, 94, 95, 103, 115, 142, 171, 172, 175, 176, 179, 181, 192, 214].

Z porównania efektów produkcyjnych zastosowanych w doświadczeniach systemów nawadniających wynika, że w przypadku metody kroplowej osiągnięto plony owoców na poziomie bardzo zbliżonym do zbiorów z roślin rosnących na poletkach z mikrozraszaniem (tab. 39), jednak przy oszczędniejszym zużyciu wody (tab. 5). Jednostkowa efek-

tywność w systemie kroplowym była wyższa (rys. 11). Niższe zużycie wody w nawadnianiu kroplowym, w porównaniu z innymi systemami nawodnieniowymi stwierdzono już wcześniej w innych badaniach [6, 9, 82, 95, 113, 114, 139, 175, 176, 187, 216]. W niektórych jednak doświadczeniach, zgodnie z przyjętą metodyką stosowano jednakowe ilości wody w porównywanych systemach nawadniania truskawki [15, 129]. We Włoszech Caliandro i Marzi [15] porównywali 13 różnych metod nawadniania truskawki nie stwierdzając wyraźnej przewagi żadnej z nich. Charakteryzowały się one bowiem podobną efektywnością szczególnie, gdy zastosowano równe dawki wody. Zdaniem autorów tego eksperymentu, głównym czynnikiem podnoszącym poziom plonów jest przede wszystkim ilość dostępnej dla roślin wody glebowej. Opinia ta znajduje potwierdzenie w zależności przedstawionej na rysunku 16. Jednocześnie skłania ona do prowadzenia nawodnień opierając się na pomiarach potencjału wody w glebie, które dokonywane są za pomocą tensjometrów, co z powodzeniem jest stosowane w uprawie truskawki [19, 46, 74, 75, 85, 95, 96, 103, 115, 124-127, 129, 175, 180, 187, 190, 192, 193, 197].



Rys. 16. Zależność pomiędzy wilgotnością gleby plantacji truskawki a intensywnością ich produkcyjnej asymilacji. Opracowanie własne na podstawie danych Ashtona, za Zaliwskim [227]

Fig. 16. Relation between the soil moisture of strawberry plantation and its intensity of productive assimilation. Own elaboration based on Ashton's data, according to Zaliwskim [227]

Najdorodniejsze owoce truskawki zbierano, gdy kształtowane przez deszcz i nawadnianie warunki wodne mieściły się w zakresie 240-280 mm od 1 kwietnia do 30 czerwca, a w czerwcu wynosiły około 110 mm (rys. 10). Koresponduje to dość dobrze z potrzebami wodnymi truskawki oszacowanymi metodą Drupki (tab. 20). Jak bowiem wynika z przeprowadzonych obliczeń, potrzeby te, przeciętnie w latach 1996-2001 wynosiły od 1 kwietnia do 30 czerwca od 244 do 269 mm (średnio 255 mm), zaś dla czerwca mieściły się w zakresie 96-107 mm (średnio 103 mm). Znacznie niższe były natomiast potrzeby wodne obliczone metodą Roudeillaca i Veschambre'a (tab. 21), kształtując się odpowiednio dla okresu IV-VI w przedziale od 128 do 193 mm (średnio 154 mm), a dla VI od 40 do 79 mm (przeciętnie 62). Wydaje się jednak, że ta druga metoda znacznie lepiej oddawała zmienność potrzeb wodnych truskawki w określonych przedziałach czasowych. Przykładowo, potrzeby wodne w czerwcu 1998 i 2000 wynosiły 106 i 107 mm gdy policzono je metodą Drupki, ale już odpowiednio 40 i 79 mm, gdy oszacowano je metodą Roudeillaca i Veschambre'a. Po uwzględnieniu (tj. odjęciu)

opadów atmosferycznych w czerwcu w rozpatrywanych latach (45 bądź 36 mm), opierając się na metodzie Drupki stwierdzono deficyty wodne wynoszące 61 i 71 mm (odpowiednio dla lat 1998 i 2000). Z kolei według metody Roudeillaca i Veschambre'a, w czerwcu 1998 niedoborów wodnych (przy założeniu równomiernie rozłożonego w czasie opadu naturalnego) nie było. Ich wartość wynosiła bowiem – 5, zaś w czerwcu 2000 wynosiła 43 mm. Zaistniałe różnice wynikały stąd, że w metodzie Drupki uwzględnia się tylko wartości temperatur powietrza, zaś w metodzie Roudeillaca i Veschambre'a w tym konkretnym przypadku (Etp wg wzoru Grabarczyka), poza temperaturą także niedosyty wilgotności powietrza. W przykładowych latach 1998 i 2000 temperatura powietrza w czerwcu wynosiła 16,6 i 16,7^{o}C (tab. 14), natomiast niedosyty wilgotności powietrza odpowiednio 1,5 i 8,2 hPa (tab. 15). Przypuszczalnie przy wykorzystaniu wzoru Penmana w obliczeniach Etp, oszacowane metodą Roudeillaca i Veschambre'a potrzeby wodne truskawki od 1 kwietnia do 30 czerwca byłyby wyższe. Bowiem w badaniach nad porównaniem różnych wzorów służących do obliczenia Etp przeprowadzonych przez Grabarczyka i Żarskiego [44] otrzymano dla okresu IV+V bądź VI+VII wyższe wartości Etp według wzoru Penmana, w stosunku do policzonych formułą Grabarczyka (odpowiednio o 17 i 11%).

Odmiana 'Senga Sengana' jest odmianą wrażliwą na przymrozki [118]. W Niemczech w doświadczeniu przeprowadzonym przez Kolbego stwierdzono, że w temperaturze od -2 do -5^{o}C przy ziemi zostało uszkodzonych 92-95% kwiatów odmiany 'Redgauntlet' i 34-44% kwiatów odmiany 'Senga Sengana'. Spowodowało to spadek plonu o około 28%. W innym doświadczeniu niemieckim [103] przymrozki zniszczyły 19,4% kwiatów odmiany 'Elsanta' i 40,2% kwiatów odmiany 'Honeoye', redukując przez to plon owoców. W badaniach własnych także wystąpiły przymrozki wiosenne w okresie kwitnienia truskawki (w 1997 i 2000), co znalazło swe ujemne odbicie w wielkości zebranych wtedy plonów (tab. 38 i 39). Dużą wrażliwość odmiany 'Senga Sengana' na przymrozki potwierdzają również wyniki uzyskane przez Borowskiego i współautorki [14]. Odmiana ta miała bowiem w drugim roku uprawy wyraźnie mniejszy plon owoców, co było wywołane uszkodzeniem znacznej liczby kwiatów przez przymrozki wiosenne. Żurawicz [229] pisze, że wrażliwość na przymrozki zależy poza odmianą i siłą wiatru także i od fazy rozwojowej kwiatów. Najbardziej wytrzymałe są kwiaty w stadium małego stulonego pąka (zielonego), bowiem wytrzymują temperaturę do -5^{o}C, a w stadium białego pąka wytrzymują przymrozki od -2,1 do -3,1^{o}C. Kwiaty otwarte przemarzają natomiast w temperaturze od -1,8 do -3,0^{o}C. Młode zaś zawiązki owoców są na ogół bardziej wrażliwe niż otwarte kwiaty (są bardziej uwodnione) – marzną w temperaturze -2,5^{o}C. Już lekkie przemarznięcie kwiatów polegające na uszkodzeniu tylko części słupków powoduje zazwyczaj nierównomierne wykształcenie się owoców, a może być także przyczyną ich silnej deformacji. Potwierdzają to inni autorzy [166, 227]. Hulewicz i Hortyński [69] na podstawie badań nad zależnością plonu i wielkości owoców u truskawki od czynników atmosferycznych w warunkach uprawy polowej podają, że wiosenne przymrozki wpływają szkodliwie na rozwijające się pąki kwiatowe powodując uszkodzenia dna kwiatowego i zmniejszając żywotność pyłku, w efekcie zaś obniżają plon owoców. Warto tu wspomnieć o realnych możliwościach ochrony truskawek przed przymrozkami w okresie kwitnienia, głównie za pomocą deszczowania [2, 20, 51, 55, 154] lub mikrozraszania (minizraszania) [38].

Istotny spadek zawartości suchej masy w owocach truskawki uprawianej w warunkach nawadniania – jaki stwierdzono w badaniach własnych (tab. 42) – potwierdza wyniki otrzymane przez innych autorów [98, 105, 175, 180, 183]. Według danych wie-

lu autorów cytowanych przez Zaliwskiego [227] średnia zawartość suchej masy w owocach truskawki wynosiła 12,1%, wahając się jednak od 6,8 do 14,9%. W badaniach Koszańskiego i wsp. [98] na glebie średniej (kompleks żytni dobry) poziom suchej masy w owocach odmiany 'Senga Sengana' z roślin kontrolnych (bez nawadniania) mieścił się w przedziale od 11,2 do 11,5% (średnio 11,4%), a w zebranych z roślin nawadnianych systemem kroplowym wynosił przeciętnie 10,5% (zakres: 10,3-10,7%). W doświadczeniu własnym na glebie bardzo lekkiej (kompleks żytni bardzo słaby) zanotowano silniejszy spadek (z 11,1 do 8,5-8,6%). W doświadczeniu Kuleszy [105] nawadnianie powodowało tym większe obniżenie zawartości suchej masy, im obfitsze stosowano dawki wody.

W przeprowadzonych doświadczeniach nawadnianie nie oddziaływało istotnie na poziom witaminy C w owocach. Wystąpiła jednak w warunkach stosowania nawodnień tendencja do spadku jej poziomu, co miało miejsce także w badaniach innych autorów [98, 105, 127]. W tabeli 47 zestawiono zawartości witaminy C w owocach odmiany 'Senga Sengana', jakie spotykano w dostępnej literaturze. Stwierdzony w badaniach własnych poziom tego składnika kształtował się przeciętnie na poziomie notowanym przez większość autorów. Jedynie w badaniach Koszańskiego i wsp. [98] zawartość witaminy C była znacznie niższa. Warto nadmienić, że w doświadczeniu tych autorów stwierdzono najwyższe w Polsce plony odmiany 'Senga Sengana' w warunkach prowadzenia nawadniania kroplowego, jakie udokumentowano w dostępnej literaturze. W niektórych jednak doświadczeniach nie stwierdzono istotnego oddziaływania nawadniania na zawartość witaminy C: deszczowania [175], mikrozraszania [176] bądź nawadniania kroplowego [176, 181]. W innych natomiast badaniach wystąpiła nawet, przy nawadnianiu mniejszymi ilościami wody, tendencja wzrostowa poziomu witaminy C u odmian 'Macherauch's Frühernte', 'Georg Soltwedel', 'Talisman' [105], 'Senga Sengana' [105, 175] bądź 'Redgauntlet' [181]. Tłumaczyć to można między innymi cechami poszczególnych odmian uprawnych [105, 120, 127], warunkami atmosferycznymi w sezonie wegetacyjnym [105, 120, 127], a także przebiegiem nawadniania (wielkość i liczba dawek jednorazowych, częstotliwość nawadniania) [76, 105, 175, 181] oraz terminem zbioru owoców [127].

Poziom oznaczanych w doświadczeniu metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) kształtował się poniżej obowiązujących w naszym kraju norm, co należy ocenić pozytywnie (tab. 48). Bardzo korzystne jest także i to, że był on również niższy od stwierdzonego we wcześniejszych (1993-1995) badaniach własnych z deszczowaniem i nawadnianiem kroplowym truskawki tej samej odmiany. Być może jest to w jakiejś mierze pozytywny symptom zmniejszającego się stopnia zanieczyszczenia środowiska naszego regionu.

Tabela 47. Zawartość witaminy C w owocach truskawki odmiany 'Senga Sengana'
Table 47. Content of vitamin C in fruits of strawberry cv. 'Senga Sengana'

Autorzy Authors	Zawartość w świeżej masie, $mg \cdot kg^{-1}$ Content in fresh weight, $mg \cdot kg^{-1}$	
	Zakres – Range	Średnio – Mean
Lenartowicz i Romaniuk, za [227]	550-600	580
Rolbiecki i Rzekanowski [175]	412-480	437
Kulesza [105]	546-692	625
Koszański i wsp. [98]	167-266	209
Matuškovič [127]	306-880	511
Badania własne: tab. 42 Own testing: Table 42	576-639	601

Tabela 48. Zawartość niektórych metali ciężkich w owocach truskawki uprawianej w warunkach nawadniania
Table 48. Content of some heavy metals in fruits of strawberry grown under irrigation

Źródło Source	Zawartość w świeżej masie, $mg \cdot kg^{-1}$ Content in fresh weight, $mg \cdot kg^{-1}$		
	Cd	Pb	Zn
Rzekanowski i in. [183]	0,037 (0,020-0,054)	0,133 (0,101-0,166)	1,70 (1,62-1,79)
Badania własne: tab. 43 Own testing: Table 43	0,020 (0,019-0,022)	0,031 (0,031-0,032)	1,27 (1,19-1,35)
Norma graniczna obowiązująca w Polsce Obligatory boundary standard in Poland			
Od 1993 – Since 1993	0,04	0,3	10,0
Od 2000 – Since 2000	0,03	0,2	10,0

6.4. Uwagi końcowe

Wyniki uzyskane w doświadczeniu polowym dowiodły, że nawadnianie odgrywa istotną rolę w kształtowaniu plonu roślin jagodowych uprawianych na glebie bardzo lekkiej, co przemawia za celowością stosowania tego zabiegu jako ważnego czynnika plonotwórczego. Wprowadzenie mikronawodnień umożliwiło uprawę aronii, porzeczki czarnej i truskawki na lekkiej glebie piaszczystej, niezależnie od wysokości i rozkładu naturalnych opadów atmosferycznych w okresie ich wegetacji.

Stwierdzone w doświadczeniach efekty produkcyjne potwierdzają opinie Grabarczyka, Rzekanowskiego, Żarskiego i wsp. [43, 45, 182] o dużej potencjalnej przydatności gleb lekkich i bardzo lekkich do intensywnej produkcji roślinnej, w tym przypadku sadowniczej, jednak pod warunkiem właściwej uprawy, pielęgnacji oraz pokrycia potrzeb wodnych roślin. Ten ostatni warunek możliwy jest – w świetle uzyskanych wyników – do spełnienia, gdy zastosowane zostaną najnowocześniejsze i precyzyjne systemy nawodnieniowe.

Ostatnio najwięcej zwolenników zyskuje koncepcja przeznaczenia pod zalesienie „nadwyżki" ziemi rolniczej, w szczególności gruntów najsłabszych [101, 137, 174, 194, 223]. Prawne i finansowe warunki do zalesiania nieefektywnych gruntów rolnych (głównie klas VI i V) tworzy Ustawa z dnia 8 czerwca 2001 roku [223].

W świetle wykazanej w badaniach dużej przydatności gleb bardzo lekkich do produkcji rolniczej (w tym przypadku – produkcji owoców jagodowych), pod warunkiem stosowania nawodnień, można rozważyć traktowanie części areału tych gruntów jako istotnej rezerwy rolnictwa, która mogłaby być uruchamiana w miarę wzrostu popytu na produkty żywnościowe oraz pozyskiwania zagranicznych rynków zbytu. Stwarzałaby ona także możliwość zaspokojenia w dalszej przyszłości potrzeb wyżywienia wzrastającej liczby ludności. Warto również wziąć pod uwagę stałe zmniejszanie się areału użytków rolnych wskutek postępującej urbanizacji, zamierzonej budowy autostrad itd. Szacuje się przykładowo, że nawet do 30% areału upraw w Polsce leży w strefie zagrożonej ekologicznie, a z kolei w rejonach gleb najsłabszych odsetek gruntów odłogowanych jest relatywnie niski, np. w byłym województwie ostrołęckim udział gleb kompleksu 7 (żytniego bardzo słabego) wynosi 37%, tymczasem wyłączonych z uprawy jest ogółem tylko 5,2% gruntów [137].

Wydaje się zatem, że przeznaczenie części gleb najsłabszych do produkcji rolniczej bądź ogrodniczej nie stoi w sprzeczności z postulowaną koniecznością zalesienia tych gruntów. Bo jeśli szacowana na około 3 tys. ha powierzchnia objęta mikronawodnieniami zwiększyłaby się nawet i stukrotnie, to stanowiłaby ona i tak zaledwie 6% całkowitego areału (około 5 mln ha) przeznaczonego do ewentualnego zalesienia [194].

Nawadnianie za pomocą nowoczesnych energo- i wodooszczędnych systemów mikronawodnieniowych na plantacjach jagodowych zlokalizowanych na glebach z natury posusznych (kompleks 6 i 7) w Krainie Wielkich Dolin mogłoby być w takich warunkach uważane za podstawowy czynnik opłacalnej produkcji owoców jagodowych w słabych siedliskach [43].

7. WNIOSKI

Na podstawie sześcioletnich doświadczeń z zastosowaniem nawadniania kroplowego i mikrozraszania w uprawie aronii, porzeczki czarnej i truskawki na glebie bardzo lekkiej można wyprowadzić następujące wnioski:

1. Plonowanie nie nawadnianych roślin jagodowych było ściśle dodatnio uzależnione od wysokości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji. Na wskaźniki plonowania porzeczki czarnej i truskawki najsilniejsze oddziaływanie opadów zaznaczyło się w czerwcu, zaś aronii od maja do sierpnia.
2. Zastosowane systemy mikronawodnieniowe wysoce istotnie zwiększały plony owoców aronii, porzeczki czarnej i truskawki. Uzyskane przyrosty plonów były spowodowane istotnym zwiększeniem masy owocu u wszystkich trzech testowanych gatunków roślin oraz liczby owoców w owocostanie (aronia i porzeczka czarna) bądź liczby owoców na roślinie (truskawka). Nie stwierdzono istotnych różnic w tym względzie pomiędzy metodami nawadniania.
3. Nawadnianie kroplowe w porównaniu z mikrozraszaniem wpływało na przyrost plonów na zbliżonym (nie różniącym się istotnie) poziomie, przy mniejszym zużyciu wody. Stąd jednostkowa efektywność zastosowania wody, tak netto jak i brutto, była wyższa przy tym systemie nawadniania.
4. Zastosowane systemy mikronawodnień nie miały istotnego wpływu na zawartość suchej masy, witaminy C i β-karotenu w owocach aronii i porzeczki czarnej. W owocach truskawki nawadnianie spowodowało istotne obniżenie zawartości suchej masy, nie wpływało zaś w sposób udowodniony statystycznie na poziom witaminy C i β-karotenu.
5. Badane systemy mikronawodnień istotnie obniżyły akumulację 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 analizowanych pierwiastków śladowych w świeżej masie owoców wszystkich trzech gatunków roślin była zdecydowanie niższa od granicy poziomu obowiązujących w Polsce norm.
6. Zastosowane systemy nawodnieniowe istotnie zwiększyły wysokość i szerokość krzewów aronii i porzeczki czarnej oraz roślin truskawki. Nawadnianie zwiększyło także istotnie przyrost długości pędów aronii i porzeczki czarnej oraz liczbę liści na roślinach truskawki. Nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w badanych wskaźnikach siły wzrostu roślin pomiędzy nawadnianiem kroplowym i mikrozraszaniem.
7. Zastosowanie mikronawodnień może zapobiec uszczuplaniu rolniczej przestrzeni produkcyjnej, bowiem daje ono gwarancję prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin intensywnych na najsłabszych kompleksach gleb, pozwalając na uzyskanie wartościowych plonów.

LITERATURA

[1] Albregts E.E., Howard C.M., 1979. Effect of two and four beds with drip or sprinkler irrigation on strawberry fruiting response. Proc. Florid. State Hort. Soc., 73-74.

[2] Albregts E.E., Howard C.M., 1986. Cycling irrigation for freeze protection during a radiation freeze. Florida, Proc. Soil Crop Sci. Soc. 45, 125-128.

[3] Albregts E.E., Howard C.M., Chandler C.K., Martin F.G., 1990. Fruiting response of strawberry as affected by rates and sources of controlled release N fertilizer, and irrigation. Florida, Proc. Soil Crop Sci. Soc. 49, 46-49.

[4] Albregts E.E., Clark G.A., Stanley C.D., Zazueta F.S., Smajstrla A.G. 1991. Preplant fertilizer for microirrigated strawberry. Proc. Third North Am. Strawb. Conf. on Strawberry into 21st century, 158-159.

[5] Albregts E.E., Hochmuth G.J., Chandler C.K., Cornell J., Harrison J., 1996. Potassium fertigation requirements of drip-irrigated strawberry. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121 (1), 164-168.

[6] Al-Fahad H., Hagemann N., 1992. Unterschiede im Wasserbedarf bei Beregnung und Tropfbewässerung. Gartenbau Magazin 1 (4), 64-65.

[7] Bernardoni C., Cerioni G., Fabbri A., Paoletti M., 1990. Fertigation experiments in horticulture. Colture Protette 19 (12), 109-112.

[8] Bjurman B., 1974. Irrigation of strawberries at Alnarp and Nyckelby 1967-1970. Lantbrukshogskolans Meddelanden A 215, 1-21.

[9] Bjurman B., Ingvarsson A., Hjalmarsson I., 1981. Irrigation and nitrogen experiments in strawberries 1975-1979. Rap. Inst. for Tradgardsvet. Sver. Lantbruksuniversitet 15, 1-24.

[10] Blasse W., 1977. Intensivierung der Erdbeerproduktion durch Bewässerung. Gartenbau 24 (4), 116-118.

[11] Blasse W., 1978. Bewässerungszeitraum an Obstbaustrandorten. Gartenbau 25 (3), 80-82.

[12] Blasse W., Grittner I., Bischoff S., Eisemann A., 1984. Erdbewässerung im Havellandischen Obstanbaugebiet. Gartenbau 31 (6), 183-185.

[13] Blatt C.R., 1984. Irrigation, mulch and double row planting related to fruit size and yield of 'Bounty' strawberry. Hort Science 19 (6), 826-827.

[14] Borowski E., Makowska M., Wróblewska M., 2000. Wzrost i owocowanie trzech odmian truskawki oraz wykorzystanie przez nie wody w glebie z dodatkiem Akrygelu RP. Rocz. AR Pozn. CCCXXIII, Ogrodn. 31, cz. 2, 19-23.

[15] Caliandro A., Marzi V., 1978. Experimental comparison among irrigation methods in Italy. Rivista di Agronom. 1(2), 16-28.

[16] Chlebowska D., 2000. Porzeczki czarne i czerwone – na plantacje i działki. Hasło Ogrod. 11, 24-25.

[17] Chlebowska D., Smolarz K., 1988. Wstępne wyniki plonowania aronii w ZD Dąbrowicach. Sad Nowocz. 11, 21-24.

[18] Chlebowska D., Salamon Z., 1993. Uprawa i zbiór maszynowy aronii. Ogrodn. 3, 12-13.

[19] Clark G.A., Albregts E.E., Stanley C.D., Smajstrla A.G., Zazueta F.S., 1996. Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants. Trans. ASAE 39 (3), 905-915.

[20] Crocker T.E., Chandler C.K., Legard D.E., Price J.F., 1996. Strawberry cultivation in Florida. Riv. in Frutt. Ortoflor. 58 (12), 45-51.

[21] Dencker I., Hansen P., 1995. Effects of plant and soil factors on growth of young apple and blackcurrant plants. Acta Agric. Scand., Sect. B – Soil and Plant Sci. 45, 1, 73-77.

[22] Dijkstra J., 1989. The use of stored waiting-bed plants for a late harvest. Acta Hort. 265, 207-214.

[23] Drupka S., 1970. Nawadnianie plantacji truskawek. PWRiL Warszawa.

[24] Drupka S., 1976. Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni. PWRiL Warszawa.

[25] Drupka S., 1986. Podkoronowe minizraszanie. [W:] Nowe technologie w sadownictwie. Pod red S. Pieniążka, PWRiL Warszawa, 162-186.

[26] Drupka S., Soćko S., 1992. Systemy nawodnień. Hasło Ogrod., Woda 4, 4-5.

[27] Dwyer L.M., Stewart D.W., Houwing L., Balchin D., 1987. Response of strawberries to irrigation scheduling. HortScience 22, 42-44.

[28] Dzieżyc J., 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN Warszawa.

[29] Eggert P., 1986. Aronia czarnoowocowa. Sad Nowocz. 11, 15-19.

[30] Eggert P., 1991. Aronia czarnoowocowa. Sad Nowocz. 7, 26-28.

[31] Eom K.C., Youn K.H, Um K.T., Noh D.C., 1993. Comparison of the characteristics of irrigation water and groundwater in areas of strawberry cultivation. RDA J. Agr. Sci., Soil and Fertil. 35 (2), 274-279.

[32] Ettinger J., 1977. Development of strawberry growing in Israel. Pepinier. Hort. Maraich. 177, 37-38.

[33] Gavrisheva I.F., Stepanova T.I., Samorodova-Bianki G.B., 1980. Features of the chemical composition of the fruit of black currant in the lower Povolzhe under irrigation. Trudy po Prikl. Bot. Gen. i Selek. 66, 3, 106-113.

[34] Giovanardi R., Testolin R., 1984. Evapotranspiration and yield response of strawberry (*Fragaria* x *ananassa* Dutch.) as affected by soil water conditions. Irrigazione 31 (4), 15-23.

[35] Gobo A., Revayova D., Kovac J., 1996. Contaminants in currants. Zahradnictvi 23 (4), 133-136.

[36] Goode J.E., Hyrycz K.J., 1970. The response of black currants to different soil moisture conditions and two levels of nitrogenous fertilizer. J. Hort. Sci. 45 (4), 379-391.

[37] Goulart B.L., Funt R.C., 1985. The influence of raised bed systems on strawberry growth and yield. Adv. in Straw. Prod. 4, 15-19.

[38] Goulart B.L., Heinemann P.H., Stombaugh T., Demchak K., Morrow C.T., 1993. Automated irrigation for strawberry production. Acta Hort. 348, 196-206.

[39] Grabarczyk S., 1977. Nowy przewód i dozator do nawadniania kroplowego. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo 4, 13-19.

[40] Grabarczyk S., 1992. Stan i perspektywy deszczowania roślin w Polsce. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo 32, 7-14.

[41] Grabarczyk S., 1996. Mini-pulsacyjne nawadnianie roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 193-198.

[42] Grabarczyk S., 1996. Deszczowanie roślin w Polsce w programach, badaniach i praktyce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 391-396.

[43] Grabarczyk S., Rzekanowski C., 1984. Przyrodnicze i techniczne pezesłanki zastosowania nawodnienia kroplowego w Polsce. Mat. Konf. Nauk.-Tech. PAN-SGGW-AR Warszawa, 21-29.

[44] Grabarczyk S., Żarski J., 1992. Próba statystycznej weryfikacji niektórych wzorów określających ewapotranspirację potencjalną. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo 32, 169-175.

[45] Grabarczyk S., Dudek S., Grzelak B., Peszek J., Rzekanowski C., Żarski J., 1994. Możliwości produkcyjne gleby bardzo lekkiej w warunkach deszczowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 414, 145-152.

[46] Guimera J., Marfa O., Candela L., Serrano L., 1995. Nitrate leaching and strawberry production under drip irrigation management. Agriculture, Ecosystems and Environment 56 (2), 121-135.

[47] Gwozdecki J., 1991. Porzeczka czarna. Hortpress Warszawa, 1-67.

[48] Hansen P., 1990. How has irrigation affected growth of black currants in Danish trials ?. Frugtavleren 19 (5), 142-143.

[49] Hansen P., 1992. Summer planting of fresh runners of heavy-cropping strawberry cultivars. Frugt og Baer 21 (5), 131-133.

[50] Hanson B.R., Bendixen W.E., 1998. Drip irrigation of strawberries in the Santa Maria Valley of California. ASAE Int. Meet., ASAE Pap. No. 982040, 1-9.

[51] Heinemann P.H., Morrow C.T., Stombaugh T.S., Goulart B.L., Schlegel J., 1992. Evaluation of an automated irrigation system for frost protection. Appl. Eng. in Agric. 8 (6), 779-785.

[52] Hennion B., Vaysse P., Verpont F., 1999. Strawberries. Fertilization and fruit quality. Infos Paris 154, 40-43.

[53] Herrington P.J., Morgan N.G., 1973. Pest and disease control in blackcurrants and apples by the use of overhead irrigation sprinklers. Pesticide Sci. 4 (5), 729-736.

[54] Hewelke P., 1994. Rola mikronawodnień w zrównoważonym rozwoju obszarów intensywnie użytkowanych rolniczo. Zesz. Nauk. AR Wrocław 246, Konf. III (2), 91-98.

[55] Hochmuth G.J., Locascio S.J., Kostewicz S.R., Martin F.G., 1993. Irrigation method and rowcover use for strawberry freeze protection. J. Am. Soc. Hort. Sci. 118 (5), 575-579.

[56] Hochmuth G.J., Albregts E.E., Chandler C.C., Cornell J., Harrison J., 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121 (4), 660-665.

[57] Hofmann S., 1991. Bewässerung bei Roter und Schwarzer Johannisbeere. Gartenbau Magazin 38, 33-35.

[58] Hofmann S., 1995. Wirkung von Bewässerung auf Ertrag und Fruchtqualität bei Roter und Schwarzer Johannisbeere. Erwerbstbau 37 (4), 113-117.

[59] Hołubowicz T., 1991. Trudna droga introdukcji aronii w Polsce. Sad Nowocz. 9, 25-27.

[60] Hołubowicz T., 1996. Zasady zakładania i prowadzenia plantacji aronii w Wielkopolsce. II Ogólnop. Symp. nt. Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie. Poznań t. I, 52-55.

[61] Hołubowicz T., Rebandel Z., 1977. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na plonowanie truskawki. Pr. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśn. PTPN 43, 83-89.

[62] Hołubowicz T., Nowak J., Bartkowiak W., 1993. Metody utrzymania gleby na plantacji aronii. Inform. o Badaniach Prowadzonych w Katedrze Sadownictwa AR w Poznaniu III, 185-186.

[63] Hołubowicz T., Nowak J., Bartkowiak W., 1993. Wpływ sposobu rozmnażania aronii (*Aronia melanocarpa* Michx/Eu.) na jej wzrost i plonowanie w pierwszych latach po posadzeniu. Ogólnop. Symp. nt. Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie. Poznań, 37-39.

[64] Hričovský I., 1990. Zhodnotenie nasich kultivarov ribezli z hladiska vyuzitelnosti v pestovatelskej a spracovatelskej praxi. Sbornik UVTIZ, Zahradnictvi 17 (XX), 2, 95-104.

[65] Hričovský I., 1995. Creation of biomass of some horticultural crops in relation to agroclimatic conditions of environment. Acta Fytotechn. 50, 91-92.

[66] Hričovský I., Baxa F., 1993. Zhodnotenie vplyvu závlah na vykonnost ribezli. Acta Fytotechn. 48, 137-148.

[67] Hričovský I., Gobo A., Revayova D., 1993. Differentiation of the inflorescence and subsequent yield of two black currant (*Ribes nigrum* L.) cultivars. Acta Hort. 352, 339-344.

[68] Hughes H.M., 1976. Irrigation experiment on black currants 1965-9. Expl. Hort. 28, 51-56.

[69] Hulewicz T., Hortyński J., 1992. Zależność plonu i wielkości owoców u truskawki od czynników atmosferycznych w warunkach uprawy polowej. Ref. na I Międzynarod. Semin. Trusk. w Lublinie (16-17.VI.1992), Hortpress Warszawa, 31-35.

[70] Ilminskaya R.I., 1974. The formation of reproductive organs in the black currant cultivar 'Altaiskaya Desertnaya'. Nauchn. Trudy Omsk. Selskh. Inst. 124, 26-29.

[71] Ingram J., 1975. 'Baldwin' gives one of highest mean yields out of 22 varieties in blackcurrant trial. Grower 83 (16), 831-832.

[72] Ingram J., 1976. Trickle irrigation of fruit crops. Hort. Industr. IV, 245-246, 249-250.

[73] Ivanov A., 1975. The effect of irrigation on strawberries grown by two different systems. Gradin. i Lozar. Nauka 12 (7), 23-31.

[74] Ivanov A., 1977. Effect of irrigation on the growth and distribution of strawberry roots. Gradin. i Lozar. Nauka 14 (4), 19-24.

[75] Ivanov A., 1977. Strawberry water requirements in the Danubian irrigation system region. Gradin. i Lozar. Nauka 14 (5), 37-42.

[76] Ivanov A., Stamboliev M., 1973. The effect of certain meteorological factors on the length of the picking period and the chemical composition of strawberry fruits. Gradin. i Lozar. Nauka 10 (6), 45-52.

[77] Jendrzejczak E., 2001. Klasyfikacja warunków termiczno-opadowych półrocza letniego z uwzględnieniem posuch ciepłych i chłodnych. Cz. II. Ocena występowania rodzajów i natężenia posuch w okresie od kwietnia do września w rejonie Bydgoszczy. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo 47, 23-27.

[78] Jerzy M., Żarski J., 1997. Program restrukturyzacji i rozwoju ogrodnictwa w województwie bydgoskim. Wydział Rol. i Ochr. Środ. UW Bydgoszcz, 1-77.

[79] Jeppsson N., 2000. The effect of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. 'Viking'. Sci. Hort. 83, 127-137.

[80] Jeznach J., Pierzgalski E., 1996. Przyrodnicze i techniczne trendy rozwoju mikronawodnień. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 175-182.

[81] Kaca E., Łabędzki L., 2000. Susze w Polsce i przeciwdziałanie ich skutkom. Wiad. Mel. i Łąk. 3 (386), 134-139.

[82] Kamber R., Eylen M., Tok A., 1986. Effect of trickle and furrow irrigation on strawberry yield. Research Rep. Tars. Researche Inst. for Village Aff., 1-39.

[83] Kapur O.C., Sharma S.K., Masand S.S., Chakor I.S., 1991. Effects of phosphorus and irrigation management on water use and yield of strawberry in H.P. Him. J. Agr. Res. 17 (1-2), 154-157.

[84] Kawecki Z., 1994. Rost i urożajnost aronii w pierwyje gody płodonoszenija w usłowiach elblongskogo wojewodstwa. Bieloruskij Nauczno-Issledowatelskij Institut Płodowodstwa. Płodowodstwo 9 (2), 82-87.

[85] Kielak Z., Słowik K., 1977. Potrzeby wodne truskawek a plonowanie. Pr. Inst. Sad. Skiern., Ser. C 20, 111-122.

[86] Kinnanen H., Sako J., 1979. Irrigation requirements of the strawberry. Ann. Agric. Fenniae 18 (3), 160-167.

[87] Kleparski J., 1982. Aronia-czarnoowocowa jarzębina. Hasło Ogrod. 3 (4), 14-15.

[88] Kleparski J., 1982. Aronia-czarnoowocowa jarzębina. Hasło Ogrod. 6, 9.

[89] Kleparski J., 2000. Aronia – „czarny koń" naszego sadownictwa. Hasło Ogrod. 11, 22.

[90] Kleparski J., Domino Z., 1990. Aronia. PWRiL Warszawa.

[91] Kluczyńska J., 1992. Porzeczki. PWRiL Warszawa.

[92] Kołodziejczyk P., Mika A., 1984. Występowanie przymrozków w sadach ZD ISK Brzeźna oraz próby przeciwdziałania im w latach 1975-1980. Pr. Inst. Sad. i Kwiac. Skiern., Ser. A Pr. Dośw. Zakr. Sadow. 25, 7-24.

[93] Kongsrud K.L., 1969. Effects of soil moisture tension on growth and yield in black currants and apples. Acta Agric. Scand. 19, 245-257.

[94] Kongsrud K.L., 1970. Vatningsforsok med. solbaer. Forskn. Fors. Landbr. 21, 465-476.

[95] Kongsrud K.L., 1978. Irrigation trials with strawberries. Forskn. Fors. Landbr. 29 (3), 301-312.

[96] Kongsrud K.L., 1980. Nitrogen fertilization and irrigation of the strawberry cultivar Senga Sengana. Forskn. Fors. i Landbr. 31 (4), 381-389.

[97] Kongsrud K.L., 1986. Effects of sewage sludge and trickle irrigation on black currants. Forsk. Fors. Landbr. 37 (1), 45-52.

[98] Koszański Z., Rumasz-Rudnicka E., Herman B., 2001. Wpływ nawadniania kroplowego i nawożenia mineralnego na plonowanie dwóch odmian truskawek. Inż. Rol. 13 (33), 213-217.

[99] Kowalska J., 2001. Porzeczki czarne i czerwone oraz agrest. Owoce Warz. Kwiaty 14, 27-28.

[100] Kowalska J., 2001. Kłopoty z truskawkami. Owoce Warz. Kwiaty 15, 16-17.

[101] Krajowy program zwiększania lesistości. Min Ochr. Środ. Zasob. Nat. i Leśn. Warszawa 1995.

[102] Kramer S., Rudolph V., Gitschel U., 1984. Hohe Erdbeeretrage durch Beachtung der Wechselwirkung von Witterung und Bewässerung. Gartenbau 31 (6), 185-186.

[103] Krüger E., Schmidt G., Brückner U., 1999. Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. Sci. Hort. 81, 409-424.

[104] Kulesza W., 1973. Porównanie systemu korzeniowego pięciu odmian truskawki na dwóch typach gleb. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rolnictwo 4, 161-179.

[105] Kulesza W., 1973. Nawadnianie truskawek. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rolnictwo 4, 143-159.

[106] Kutera J., Skwierczyńska K., 1970. Nawadnianie ściekami krzewów i drzew owocowych. Rocz. Nauk Rol. Seria F 77 (4), 611-623.

[107] Kühn B.F., 1988. Fruit drop in black currant. Part 1: External effects. Tidsskr. Planteavl. 92, 59-67.

[108] Lantin B., 1985. Black currant growing. Bull. Pet. Fruits 26, 38-48.

[109] Latuszkin W.A., 1985. Promyszlennaja technołogia wyraszczиwanija aronii czernopłodnoj. Płodoowoszcznoje Hozjaistwo 5, 38-40.

[110] Laurow Z., 1994. Aronia czarnoowocowa. Wyd. Fundacja 'Rozwój SGGW' Warszawa, 1-107.

[111] Lemaitre R., 1976. Strawberry water requirements and irrigation. Pepinier. Hort. Maraich. 166, 57-59.

[112] Lichou J., 1974. Strawberry-growing trials in Mali (1970-1973). Fruits 29 (3), 227-234.

[113] Locascio S.J., Myers J.M., 1975. Trickle irrigation and fertilization method for strawberries. Proceed. of the Florida State Hort. Soc. 88, 185-189.

[114] Locascio S.J., Myers J.M., Martin F.G., 1977. Frequency and rate of fertilization with trickle irrigation for strawberries. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102 (4), 456-458.

[115] Lopez C., Munoz R., Tio M., Marfa O., 1995. Fertigation in strawberry cultivation. Hort. Inform. 6 (10), 44-46.

[116] Łabędzki L., 2000. Ocena zagrożenia suszą w regionie bydgosko-kujawskim przy użyciu wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI). Wiad. Mel. i Łąk. 3 (386), 102-103.

[117] Łoginow W., Cwojdziński W., Andrzejewski J., 1990. Chemia rolna. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz, 1-171.

[118] Makosz E., 1988. Rośliny jagodowe. PWRiL Warszawa.

[119] Makosz E., 1990. Jak pielęgnować Titanię ? Owoce Warz. Kwiaty 3, 3-4.

[120] Maric Z., Stevanic D., 1976. Irrigated strawberry production on plains. Nauka u Praksi 6 (1), 43-48.

[121] Markov Yu.A., 1984. The soil water regime in black currant plantations in the Central Non-chernozem zone. Sborn. Nauch. Trud., Vsesoy. Nauchn. Issled. Inst. Sadov. 42, 77-82.

[122] Markov Yu.A., 1984. Trials on the development of an automated intermittent sprinkler irrigation system. Sadovodstvo 11, 17-19.

[123] Matuškovič J., 1994. Vyhodnotenie účinnosti závlahy na výšku kvalitu úrody jahôd odrody Senga Sengana v pokusných rokoch 1991-1993. Ved. Pr. Výsk. Úst. Závlah. Hosp. v Bratislave 21, 41-62.

[124] Matuškovič J., 1996. Závlaha, limitujúci faktor tvorby úrody jahôd. Ved. Pr. Výsk. Úst. Závlah. Hosp. v Bratislave 22, 113-125.

[125] Matuškovič J., 1998. The influence of observed Titavin doses and irrigation on the hygienic purity of strawberry fruitage. Acta Hort. et Regiotect. 1 (2), 41-43.

[126] Matuškovič J., 1999. The influence of irrigation and specific nourishment on the number and mass of strawberry fruit, sort Senga Sengana. Sci. Pap. Res. Inst. of Irrig. Bratislava 24, 147-158.

[127] Matuškovič J., 1999. Irrigation-strawberry, the problem also of the 21. st. Century. Proc. Int. Symp. on „New approaches in irrigation, drainage and flood control management", SKNC ICID, CD-ROM, ISBN 80-85755-05-X, 1-9.

[128] Maurer F.J., 1972. Wasserbedarf der Erdbeerkulturen und deren Beregnung. Obst. u. Garten. 91 (5), 163-164.

[129] Mazur J., 1987. Wpływ nawadniania na wzrost i plonowanie truskawki odmiany Senga Sengana. PTPN, Wydz. Nauk Rol. I Leśn., Pr. Kom. Nauk Rol. i Nauk Leśn., LXIII, 137-153.

[130] Mazur J., Hołysz M., 1993. Wpływ nawadniania na plonowanie porzeczki czarnej. Inform. o Bad. Prowadz. w Kat. Sadow. AR w Poznaniu, III, 173-177.

[131] Mazur J., Hołysz M., 1993. Wpływ nawadniania porzeczki czarnej (*Ribes nigrum* L.) na jej wzrost i plonowanie. PTPN, Wydz. Nauk Rol. I Leśn., Pr. Kom. Nauk Rol. i Nauk Leśn. LXXV, 115-121.

[132] McCarthy T.P., 1988. Blackcurrant cultivar evaluation at Winchmore. New Zeal. Commerc. Grower, 43 (6), 20-21.

[133] McCarthy T.P., Stoker R., 1988. Effect of irrigation on yield, berry weight and sugar content of blackcurrants. New Zeal. J. of Exp. Agric. 16 (4), 321-327.

[134] McKee T. B., Doesken J. N., Kleist J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, 179-184.

[135] Minami K., Olitta A.F., Barbin D., Demetrio C.G.B., 1982. Study of drip irrigation in strawberry (*Fragaria* sp.) culture. Proc. Trop. Reg., Am. Soc. Hort. Sci. 25, 363-370.

[136] Miner G.S., Poling E.B., Carroll D.E., Nelson L.A., Campbell C.R., 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122 (2), 290-295.

[137] Młynarczyk K., Marks E., 2000. Współczesne problemy ochrony i kształtowania krajobrazu rolniczego. Zesz. Nauk. WSHE Włocławek Ochr. Środ., VI, 73-84.

[138] Molga M., 1983. Meteorologia rolnicza. PWRiL Warszawa.

[139] Myers J.M., Locascio S.J., 1973. Efficiency of irrigation methods for strawberries. Proceed. of the 85th Ann. Meet. Florida State Hort. Soc., 114-117.

[140] Neuweiler R., 1998. Strawberry cultivation on beds with film mulch. Obst und Weinbau 134 (2), 48-50.

[141] Niskanen R., Matala V., Voipio I., 1993. The effect of irrigation on shoot growth in black and red currants. Acta Hort. 352, 65-70.

[142] Nissen M., Hoffmann F.J.E., 1998. Effect of four water management systems on strawberry (*Fragaria* x *ananassa* D.) production in Valdivia, Chile. Agro Sur. 26 (2), 1-11.

[143] Nyc K., 1996. Ekonomiczne systemy nawadniające. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 125-132.

[144] Okossyova M., Zila L., 1984. Research on the principles of irrigation management in currants and strawberries. Ved. Pr. Vysk. Ust. Ovocn. Okrasn. Drev. v Bojnicach 5, 5-20.

[145] Oliveira A.J. de, Fonseca H., Olita A.F., Minami K., Vello N.A., 1981. Influence of irrigation levels on some physical and chemical properties of strawberry fruits. An. Esc. Super. Agric. 38 (2), 601-622.

[146] Ostalski R., 1986. Aronia czarnoowocowa. Inst. Bad. Leśn. Warszawa, 1-4.

[147] Ostalski R., 1992: Aronia na działce – czy warto ją uprawiać ? Działkowiec 9, 23.

[148] Ostermann J., Hansen P., 1988. Effects of Drip-irrigation on Yield Components of Black Currants (*Ribes nigrum*). Acta Agric. Scand. 38 (2), 171-176.

[149] Pacholak E., 1992. Czy nawadnianie jest konieczne ? Hasło Ogrod., Woda 4, 2-3.

[150] Pacholak E., 1997. Water requirement and irrigation effects on fruit-bearing plants in Poland. Proc. of Poland-Israel Conf. on „Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates". Tel-Aviv, Vol. II (1), 111-117.

[151] Pacholak E., Przybyła Cz., Stachowski P., 1995. Wpływ eksploatacji nawodnień deszczownianych, podkoronowych i kroplowych na efektywność produkcyjną sadów jabłoniowych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 335-342.

[152] Patoine M., Fortin J.P., 1992. Modification of information model for irrigation management. Can. Agric. Eng. 34 (4), 305-317.

[153] Pejovic S., Miskovic R., 1971. Ponasanje nakih sorti jagoda u Cemovskom polje kod Titograda. Jugosl. Vocarstvo 5, 17-18.

[154] Perry K.B., Poling E.B., 1986. Field observation of frost injury in strawberry buds and blossoms. Adv. in Strawb. Prod. 5, 31-38.

[155] Peszek J., 1987. Podstawy klimatyczne nawadniania roślin w regionie bydgoskim. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 314, 65-80.

[156] Peszek J., 1996. Uwarunkowania klimatyczno-przyrodnicze produkcji rolniczej w regionie bydgoskim. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 19-32.

[157] Pierzgalski E., Jeznach J., 1993. Stan i kierunki rozwoju mikronawodnień. [W:] Współczesne problemy melioracji. Pod red. C. Somorowskiego, Warszawa, SGGW Warszawa 35-42.

[158] Pirazzeli C., Tosi T., 1985. Returns on strawberry production in Verona. Inform. Agrar. 41 (8), 37-45.

[159] Pisa P.R., Gaspari N., Rosati P., Rossi-Pisa P., 1989. Lysimetric measurements of water consumed by day-neutral strawberry cv. Fern. Acta Hort. 265, 251-258.

[160] Pisa P.R., Faedi W., Lucchi P., Rosati P., Rossi-Pisa P., 1989. The effect of two irrigation volumes on performance of day-neutral strawberry. Acta Hort. 265, 243-250.

[161] Poling E.B., 1993. Strawberry plasticulture in North Carolina: II. Preplant, planting, and postplant considerations for growing 'Chandler' strawberry on black plastic mulch. HortTechnology 3 (4), 383-393.

[162] Pomares F., Tarazona F., Estela M., 1994. Nitrogen fertilization of strawberries in Valencia, planted in the summer, with drip or furrow irrigation. Invest. Agrar., Prod. Protec. Veget. 9, 73-84.

[163] Poznyakova T.P., 1998. Trickle irrigation of black currants. Sadov. i Vinograd. 2, 12-13.

[164] Przybyła C., Kozaczyk P., Stachowski P., 1996. Jakość wód dyspozycyjnych do nawodnień deszczownianych jezior Wysoczyzny Poznańskiej. Przegl. Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środ. SGGW w Warszawie 11, 103-110.

[165] Putii V.K., 1979. The characteristics of the growth and cropping of closely-spaced black currants in the Turgaiskie steppes. Vopr. Agrotekhn. S. Kh. Kultur v Targaisk. Obl. 2, 267-280.

[166] Rebandel Z., 1992. Truskawki i poziomki. PWRiL Warszawa.

[167] Rebandel Z., Hołubowicz T., 1977. Występowanie niektórych grzybowych chorób truskawki w różnych wariantach nawożenia i nawadniania. Pr. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśn. 43, 211-220.

[168] Rebandel Z., Hołubowicz T., 1981. Występowanie niektórych grzybowych chorób truskawki w różnych wariantach nawożenia i nawadniania. Inf. o Bad. Prowadz. w Zakł. Sad. AR Poznań, 132-134.

[169] Rebandel Z., Hołubowicz T., 1981. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na plonowanie truskawki. Inf. o Bad. Prowadz. w Zakł. Sad. AR Poznań, 118-121.

[170] Rejman A., 1994. Aronia. Pomologia. Pod red. A. Rejmana, PWRiL Warszawa, 658-659.

[171] Renquist R.P., Breen J., Martin L.W., 1982. Vegetative growth response of 'Olympus' strawberry to polyethylene mulch and drip irrigation regimes. J. Am. Soc. Hort. Sci. 107 (3), 369-372.

[172] Renquist R.P., Breen J., Martin L.W., 1982. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation on subsequent flowering and fruiting of 'Olympus' strawberry. J. Am. Soc. Hort. Sci. 107 (3), 373-376.

[173] Rojek H., 1995. Aronia od A do Z. Działkowiec 12, 15.

[174] Rola H., Rola J., Radziszewski J., Badowski M., Kukuła S., 1998. Problem zachwaszczenia plantacji sosny (*Pinus silvestris*) na gruntach porolnych. Bibl. Fragm. Agr., 5, 171-180.

[175] Rolbiecki St., Rzekanowski C., 1997. Influence of sprinkler and drip irrigation on the growth and yield of strawberries grown on sandy soils. Acta Hort. 439 (2). 669-672.

[176] Rolbiecki St., Rolbiecki R., Rzekanowski C., Derkacz M., (w druku). Effect of different irrigation regimes on growth and yield of 'Elsanta' strawberries planted on loose sandy soil. Acta Hort.

[177] Rossi P.P., Faedi W., Lucchi P., Rosati P., 1988. The effect of two irrigation volumes on performance on day-neutral strawberry. Acta Hort. 265, 243-250.

[178] Rzekanowski C., Rolbiecki St., Grabarczyk S., 1994. Nawadniane plantacje czarnej porzeczki i truskawki jako alternatywa zalesiania gleby bardzo lekkiej. Mat. Konf. Nauk., 1-2. XII. 1994, AR Poznań, 161-170.

[179] Rzekanowski C., Rolbiecki St., 1996. Efekty produkcyjne stosowania nawodnień kroplowych w regionie bydgoskim. Przegl. Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środow. SGGW Warszawa 11, 323-330.

[180] Rzekanowski C., Rolbiecki St., 1996. Wpływ nawadniania kroplowego na niektóre cechy jakościowe plonu wybranych gatunków roślin sadowniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 213-218.

[181] Rzekanowski C., Rolbiecki St., 1997. Effect of various irrigation methods on yields of strawberry and black currant. Proc. of Poland-Israel Conf. on „Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates". Tel-Aviv, Vol. II (2), 7-9.

[182] Rzekanowski C., Żarski J., 1999. Rola nawodnień ciśnieniowych w ochronie rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Inż. Rol. 5 (11), t. I, 241-248.

[183] Rzekanowski C., Rolbiecki St., Rolbiecki R. 1999. Rola techniki nawodnień w kształtowaniu składu chemicznego plonu owoców truskawki. Inż. Rol. 5 (11), t. I, 235-239.

[184] Rzekanowski C., Rolbiecki St. 2000. The influence of drip irrigation on yields of some cultivars of apple trees in central Poland under different rainfall conditions during the vegetation season. Acta Hort., 537, Vol. 2, 929-936.

[185] Rzekanowski C., Rolbiecki St. 2000. The influence of drip irrigation on yields of some cultivars of stone fruit-bearing trees in central Poland under different rainfall conditions during the vegetation season. Acta Hort. 537, Vol. 2, 937-942.

[186] Rzekanowski C., Rolbiecki St., Żarski J., 2001. Potrzeby wodne i efekty produkcyjne stosowania mikronawodnień w uprawie roślin sadowniczych w rejonie Bydgoszczy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 478, 313-325.

[187] Sadowski C., Rzekanowski C., 1989. The effect of spray irrigation and drip irrigation on yield and diseases of strawberries grown on a very light soil. Acta Hort. 265, 623-626.

[188] Salamon Z., Chlebowska D., 1996. Zbiór owoców aronii kombajnami. Ogrodn. 3, 22-23.

[189] Sakshaug K., Ingvarsson A., 1986. Irrigation experiments in black currants. Rap. Inst. for Tradgard., Sver. Lantbruksuniversitet 44, 1-35.

[190] Save R., Penuelas J., Marfa O., Serrano., 1993. Changes in leaf osmotic and elastic proporties and canopy structure of strawberries under mild water stress. Hort Science 28 (9), 925-927.

[191] Seong K.C., Cheong S.R., Yu I.C., Kim K.Y., Park S.K., 1993. Effects of irrigation methods and covering materials on the occurrence of grey mould (*Botrytis cinerea*) in strawberry (*Fragaria* x *ananassa*) in protected culture. RDA J. Agr. Sci., Hort., 35 (1), 501-506.

[192] Serrano L., Carbonell X., Save R., Marfa O., Penuelas J., 1992. Effects of irrigation regimes on the yield and water use of strawberry. Irrig. Sci. 13 (1), 45-48.

[193] Serrano L., Carbonell X., Marfa O., Candela L., Guimera J., 1993. Nitrate leaching and strawberry production as affected by drip irrigation. Proc. Int. Conf. on Environmental Pollution Vol. 1, 311-316.

[194] Siuta J., 2002. Struktura przestrzenna potrzeby zalesienia nieefektywnych gruntów rolnych w Polsce. Fragm. Agr. 1 (73). 238-251.

[195] Słowik K., 1973. Deszczowanie roślin sadowniczych. PWRiL Warszawa.

[196] Słowik K., Kielak Z., 1979. Sposoby określania potrzeb nawadniania roślin sadowniczych. Prace Inst. Sad. C 1 (85), 10-15.

[197] Słowik B., Klimczak A., 1986. Wpływ ściółkowania, nawadniania i nawożenia dolistnego na plonowanie truskawek. Prace Inst. Sad. i Kw. A 26, 21-33.

[198] Słowik B., Chlebowska D., 1980. Small fruit's response to drip irrigation. Proceed. of the Symp. on Drip Irrig. in Hort. with Foreign Experts Particip. Skierniewice, 171

[199] Słowik B., Chlebowska D., 1984. Wpływ nawadniania kropelkowego i nawożenia azotowego na plonowanie porzeczki czarnej. Kraj. Konf. Nauk.-Techn., PAN i SGGW-AR Warszawa, 153-158.

[200] Słowik B., Chlebowska D., Czerniak T., Słowik K., 1984. Minizraszanie jako metoda ochrony czarnej porzeczki przed przymrozkami. Kraj. Konf. Nauk.-Techn., PAN i SGGW-AR Warszawa, 263-265.

[201] Smolarz K., 1990. Titania i jej czystość odmianowa. Owoce Warz. Kwiaty 15, 3.

[202] Smolarz K., 1990. Odmiany porzeczki czarnej polecane do uprawy. Owoce Warz. Kwiaty 17, 4-5.

[203] Smolarz K., Chlebowska D., 1997. Porównanie owocowania aronii czarnoowocowej rozmnażanej generatywnie i wegetatywnie. Zesz. Nauk. Inst. Sad. i Kw. 4, 111-118.

[204] Smolarz K., Chlebowska D., Salamon Z., 1997. Wpływ nawożenia azotowego na wzrost, plonowanie i maszynowy zbiór owoców aronii. Zesz. Nauk. Inst. Sad. i Kw. 4, 119-126.

[205] Sokołowska J., 1980. Przewodnik fenologiczny. IMGW – WKiŁ Warszawa.

[206] Stoker R., 1983. Irrigation of blackcurrants. New Zeal. Commerc. Grower 38 (2), 29.

[207] Stoker R., 1984. Effect of irrigation on blackcurrant time of harvesting. New Zeal. Commerc. Grower 39 (3), 19.

[208] Stoker R., 1985. Effect of harvest date on yield and quality of black currant fruit. New Zeal. J. of Exp. Agric. 13 (1), 71-75.

[209] Stoker R., McCarthy T.P., 1986. Irrigation trials with blackcurrants. New Zeal. Commerc. Grower 41 (8), 35.

[210] Strabbioli G., 1985. A study on strawberry water requirements. Ann. Ist. Speriment. Frutt. 16, 75-84.

[211] Strabbioli G., 1988. A study on strawberry water requirements. Acta Hort. 228, 179-186.

[212] Strabbioli G., Caboni E., 1989. Irrigation requirements of strawberries in annual and biennial cultivation. Irrig. e Drenag. 36 (4), 170-173.

[213] Szczepański K., Rejman S., 1987. Metodyka badań sadowniczych. PWRiL Warszawa.

[214] Szewczuk A., Wojtkiewicz A., Sosna I., 1993. Efekt nawadniania różnych kultur sadowniczych w warunkach Dolnego Śląska. III Kraj. Konf. Nauk.-Techn., PAN i SGGW-AR Warszawa, 58-67.

[215] Szkopek K., 1998. Aronia znana i nieznana. Działkowiec 10, 22-23.

[216] Tekinel O., Kamber R., Onder S., Baytorun N., Bastug R., 1989. The effects of trickle and conventional irrigation methods on some crops, yield and water use efficiency under Cukurova conditions. Irrigation: Theory and Practice J.R. Rydzewskiego, 641-651.

[217] Todt W., 1997. Erdbeeren auf Dammen: eine erste betriebswirtschaftliche Einschatzung. Obst und Weinbau 133 (24), 611-613.

[218] Topilina E.A., 1981. Effect of low dispersion sprinkler irrigation on black currant growth and microclimate in a mother plantation. Sborn. Nauch. Trud., Vsesoy. Nauchn. Issled. Inst. Sadov. 33, 60-65.

[219] Tosi T., 1981. Spring fertirrigation of a strawberry plantation with liquid fertilizer and water-soluble fertilizer. Inform. Agrar. 37 (12), 69-75.

[220] Tosi T., 1984. Microirrigation in the strawberry plantation. Inform. Agrar. 40 (6), 67-71.

[221] Tosi T., 1984. Autumn and springtime fertirrigation of a Confitura strawberry field. Infor. Agrar. 40 (11), 97-100.

[222] Treder W., Mika A., Cegłowski M., 1992/93. Efekty kroplowego i podkoronowego nawadniania jabłoni. Pr. Inst. Sad. i Kw. A 31, 33-40.

[223] Ustawa z dnia 8 czerwca 2001 r. o przeznaczeniu gruntów rolnych do zalesiania (Dz. U. nr 73, poz. 764).

[224] Wilczek J., 1985. Aronia, cenny krzew owocowy. Sad Nowocz. 11, 19-21.

[225] Wilson S.J., Jones K.M., 1980. Responses of blackcurrant bushes to post-harvest moisture stress. Sci. Hort. 12 (4), 307-312.

[226] Wojciechowska-Mazurek M., Karłowski K., Starska K., Brulińska-Ostrowska E., 2001. Kadm w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. Zesz. Nauk. Komitetu PAN Człowiek i Środow. 26, 337-351.

[227] Zaliwski S., 1984. Intensywna produkcja roślin jagodowych i leszczynowych. PWN Warszawa.

[228] Żarski J., Dudek S., 1999. Rozkład przestrzenny opadów atmosferycznych w gminach województwa bydgoskiego. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo 43, 43-51.

[229] Żurawicz E., 2001. Uprawa truskawek. ISK Skierniewice.

REAKCJA TRZECH GATUNKÓW ROŚLIN JAGODOWYCH UPRAWIANYCH NA BARDZO LEKKIEJ GLEBIE NA MIKRONAWODNIENIA

Streszczenie

W sześcioletnich doświadczeniach polowych (1996-2001) przeprowadzonych na glebie kompleksu żytniego bardzo słabego w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy badano wpływ nawadniania kroplowego i mikrozraszania na wzrost oraz wysokość i jakość plonów aronii, porzeczki czarnej i truskawki.

Zastosowane systemy nawodnieniowe istotnie zwiększyły wysokość i szerokość krzewów aronii i porzeczki czarnej oraz roślin truskawki. Nawadnianie spowodowało także istotny przyrost długości pędów aronii i porzeczki czarnej oraz liczby liści na roślinie truskawki.

Badane systemy mikronawodnieniowe wysoce istotnie zwiększały plony owoców aronii, porzeczki czarnej i truskawki. Uzyskane przyrosty plonów były spowodowane istotnym zwiększeniem masy pojedynczego owocu u wszystkich trzech testowanych gatunków roślin oraz liczby owoców w owocostanie (aronia i porzeczka czarna) bądź na jednej roślinie (truskawka). Nie stwierdzono istotnych różnic w tym względzie pomiędzy badanymi metodami nawadniania.

Uzyskane w warunkach nawodnień plony owoców jagodowych charakteryzowały się wysoką jakością i spełniały odpowiednie wymagania dotyczące ich przydatności do spożycia.

Jednostkowa efektywność zastosowania wody była wyższa w przypadku systemu nawadniania kroplowego.

Uzyskane efekty produkcyjne nawadniania roślin jagodowych świadczą o tym, że może ono stanowić ważny czynnik zwiększający produkcyjność gleb bardzo lekkich chroniący te grunty przed wypadaniem z produkcji rolniczej.

THE RESPONSE OF THE THREE BERRY-BEARING SPECIES GROWN ON A VERY LIGHT SOIL TO MICROIRRIGATION

Summary

The influence of drip irrigation and microsprinkler irrigation on the growth as well as the amount and quality of yields of chokeberry, black currant and strawberry were studied in the field experiments during the years 1996-2001. The experiments were carried out on a soil of very poor rye complex, located in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz.

The irrigation systems used significantly increased the height and the width of the chokeberry and black currant bushes as well as the strawberry plants. Irrigation increased also essentially the length of the chokeberry and black currant shoots as well as the number of leaves on a one strawberry plant.

The tested microirrigation systems increased significantly fruit yields of chokeberry, black currant and strawberry. Yield gains obtained were caused by the significant fruit weight increament in case of all the three species tested as well as by the increased number of fruits in a single cluster (chokeberry and black currant) or plant (strawberry). No significant differences with regard to those indices were detected between the irrigation methods tested.

The berry fruit yields obtained under conditions of irrigation were characterized by the high quality and satisfied the adequate standard requirements regarding their usefulness for consumption.

The unitary water use efficiency was higher in drip irrigation system.

The obtained productional results of irrigation of berry-bearing plants demonstrate that this treatment can be an important factor increasing productivity of very light soil, and thus preventing their exclusion from arable grounds.