

WPLYW NAWADNIANIA KROPOWEGO I NAWOŻENIA AZOTEM NA SKŁAD CHEMICZNY OWOCÓW I LIŚCI MALINY

Ewa Rumasz-Rudnicka, Zdzisław Koszański, Róża Kowalewska

Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania, Instytut Inżynierii Rolniczej
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: ewa.rumasz@zut.edu.pl

Streszczenie. Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2002-2004 na glebie lekkiej. Określano wpływ nawadniania kropowego i nawożenia azotem na skład chemiczny owoców i liści malin. Nawadnianie istotnie obniżało zawartość azotu ogólnego i azotanowego w liściach, a w owocach tylko formy azotanowej, natomiast zwiększyło ilość fosforu potasu, wapnia, magnezu i żelaza w liściach oraz potasu i żelaza w owocach. Nawożenie azotem ($120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) istotnie zwiększyło ilość azotu ogólnego i azotanowego oraz potasu w owocach i liściach oraz fosforu tylko w owocach, natomiast obniżało zawartość P, Ca, Mg i Zn w liściach.

Słowa kluczowe: malina, nawadnianie kropowe, nawożenie azotem, skład chemiczny owoców i liści malin

WSTĘP

W warunkach klimatycznych Polski, stosowanie uzupełniającego nawadniania stało się podobnie jak nawożenie, podstawowym zabiegiem agrotechnicznym. Dotyczy to zwłaszcza upraw ogrodniczych (Friedrich i in. 2003). Zabiegi te zmieniają metabolizm roślin przyczyniając się nie tylko do wzrostu plonów, ale także polepszenia ich jakości. W dotychczasowej literaturze większość opracowań dotyczy wpływu nawadniania i nawożenia na plonowanie upraw jagodowych, w tym również malin (Koszański i in. 2003, Wieniarska i Nurzyński 1994, Rolbiecki i in. 2005, Rebandel i in. 1992, Rolbiecki i in. 2002). Informacji na temat wpływu nawadniania i nawożenia na skład chemiczny owoców i liści jest niewiele. Jeżeli pojawiają się, to najczęściej dotyczą innych upraw sadowniczych, a w przeważającej większości truskawki (Szewczuk i in. 1994, Rolbiecki i Rzekanowski 1997, Koszański i in. 2000, Treder 2003).

Uzasadnionym więc wydaje się poznanie oddziaływania tych czynników na jakość maliny, która wśród roślin sadowniczych ma duże znaczenie.

Celem podjętych badań było określenie wpływu nawadniania kropłowego i nawożenia azotem na zawartość azotu ogólnego, azotanów, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, żelaza, cynku w owocach i liściach maliny.

METODYKA BADAŃ

Opracowanie przedstawia wyniki badań przeprowadzonych w latach 2002-2004 na trzy-, cztero- i pięcioletnich krzewach, uprawianych na glebie brunatnej kwaśnej – kompleksu żyniego dobrego, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVb. Malinę odmiany 'Norna' uprawiano w różnych warunkach wodnych: 0 – obiekty kontrolne, W – obiekty nawadniane. Jednocześnie rośliny nawożono następującymi dawkami azotu: 0 i 120 kg N·ha⁻¹. Nawozy potasowe (150 kg·ha⁻¹) i fosforowe (60 kg·ha⁻¹) zastosowano jesienią, a azotowe wiosną. Sterowanie nawadnianiem prowadzono według metody tensjometrycznej, ustalając terminy nawodnień na podstawie potencjału wodnego gleby. Nawadnianie rozpoczynano, kiedy siła ssąca gleby wynosiła 0,03 MPa, co odpowiadało w przybliżeniu obniżeniu wody zgromadzonej w 25 cm warstwie gleby poniżej 70% ppw. Do nawadniania użyto linii kropłującej o rozstawie kropłowników co 30 cm i wydajności 2,4 l·h⁻¹. W czasie wegetacji rośliny otrzymały następujące ilości wody: 2002 r. – 270 mm, 2003 r. – 85 mm, 2004 r. – 78 mm. W tabeli 1 przedstawiono skład chemiczny wody użytej do nawadniania.

Tabela 1. Skład chemiczny wody zastosowanej do nawodnień (mg·dm⁻³)
Table 1. Chemical composition of tap water used for irrigation (mg dm⁻³)

Woda – Water	pH	Na	K	Mg	SO ₄	CO ₃	Cl	Ca	Zasolenie Salinity
	7,5	120	6,0	17	80	40	130	85	200

W fazie dojrzałości technologicznej zebrano owoce i liście. W materiale roślinnym, każdego roku oznaczono zawartość azotu ogólnego metodą Kiejdahla, potas i wapń – fotometrycznie, fosfor – kolorymetrycznie, magnez, żelazo i cynk – metodą atomowej spektrofotometrii absorbcyjnej (ASA), azotany – potencjometrycznie.

Warunki opadowo-termiczne w okresie prowadzenia badań przedstawiono w tabeli 2. Suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacji od kwietnia do października była niższa od wartości średnich dla wielolecia od 4,3% w 2002 roku do 29% w roku 2003. Analiza warunków termicznych w trzyletnim okresie wegetacji prowadzonych badań wskazuje, że były to lata cieplejsze aniżeli wielolecie – średnio od 1,1°C (2004 r.) do 2,2°C (2002 r.).

Tabela 2. Warunki opadowo-termiczne w latach prowadzenia badań na tle wielolecia (1961-1999)
Table 2. Rainfall and temperature during the experiment as compared with multiyear average (1961-1999)

Miesiąc Month	Temperatura – Temperature (°C)				Opady – Rainfall (mm)			
	średnia miesięczna w wieloleciu monthly multiyear average	odchylenia od śred- niej z wielolecia deviation from multiyear average			średnia mie- siężna suma w wieloleciu monthly multi- year rain totals (mm)	procent normy wielolecia percent of multiyear average (%)		
		2002	2003	2004		2002	2003	2004
IV	7,2	+1,3	+0,4	+2,2	37,8	75,4	38,4	54,8
V	12,5	+3,1	+2,5	+0,5	51,1	66,7	66,1	77,3
VI	15,9	+2,5	+3,7	+0,1	61,3	56,9	48,5	99,5
VII	17,4	+3,3	+3,0	+0,5	63,2	38,3	127,7	110,4
VIII	17,0	+4,6	+3,6	+2,9	56,1	68,4	28,5	91,5
IX	13,2	+1,5	+1,2	+0,7	46,8	118,4	97,6	71,6
X	8,6	-1,2	-2,9	+1,0	38,9	245,8	90,2	102,8
Średnia Mean	11,9	+2,3	+2,2	+0,9	IV-VI 150,2	66,3	51,0	77,2
IV-VI IV-X	13,1	+2,2	+1,6	+1,1	IV-X 355,2	95,7	71,0	86,8

WYNIKI I DYSKUSJA

Nawadnianie i nawożenie jest nie tylko czynnikiem warunkującym wysokość plonu, ale wpływa również na jego jakość. Uprawa roślin ogrodniczych powinna być prowadzona tak, aby przez wszystkie lata uzyskiwać wysokie plony o bardzo dobrej jakości. Jak podaje Pacholak i Przybyła (1996) podstawowym warunkiem jest zapewnienie roślinom odpowiedniej ilości wody i składników mineralnych, żeby wegetacja odbywała się bez zakłóceń i ograniczeń. Oczywiście skład chemiczny roślin zależy nie tylko od uwarunkowań genetycznych (Gruca 2003), wieku roślin (Gawęda i Ben 2003) ale również może być modyfikowany czynnikami agrotechnicznymi, do których zaliczyć można nawadnianie i nawożenie. W ocenianej odmianie maliny, przeciętna zawartość azotu (tab. 3) wynosiła $14,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w suchej masie owoców i $22,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w suchej masie liści. Wyniki analiz wykazały, że nawadnianie przyczyniło się do obniżenia zawartości azotu odpowiednio o $0,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ (2,7%) i $1,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ (5,9%) w owocach i liściach, ale istotne zmiany dotyczyły tylko liści. W wyniku nawadniania stwierdzono istotnie mniejszą koncentrację azotanów w nawadnianych owocach (o 12,5%) i liściach

(o 19,1%). Na inne rośliny nawadnianie działało podobnie. Istotne zmniejszenie zawartości azotu i azotanów w wyniku nawadniania stwierdzili Koszański i in. (2001, 2006) w owocach truskawki, Podsiadło i in. (2005) w owocach i liściach brzoskwini, Rumasz-Rudnicka i in. (2006) w buraku ćwikłowym i cebuli zwyczajnej oraz Podsiadło i in. (2006) w nasionach fasoli i owocach pomidora. Koszański i in. (2000) uważają, że zmniejszenie ilości azotu i azotanów w nawadnianych roślinach jest związane z większą aktywnością reduktazy azotanowej. Również w badaniach Rolbieckiego i Rzekanowskiego (1996) poziom azotanów w nawadnianych warzywach (fasoli, buraku ćwikłowym, marchwi) był prawie trzykrotnie niższy od notowanego na poletkach nienawadnianych. Niedobór wody w glebie na poletkach kontrolnych jest najprawdopodobniej przyczyną zakłócenia procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie, na co zwracają uwagę Lisiewska i Kmieciak (1991). Stres wodny zaburza fotosyntezę, jednocześnie spada tempo redukcji azotanów m.in. z powodu mniejszej aktywności reduktazy azotanowej i sprzyja gromadzeniu azotanów.

Zdaniem Rolbieckiego i Rzekanowskiego (1996) koncentracja azotanów w nawadnianych roślinach jest bardzo zróżnicowana. Autorzy zwracają ponadto uwagę nie tylko na różnice w gromadzeniu azotanów w poszczególnych nawadnianych gatunkach i odmian, ale i na inne czynniki mające wpływ na ich akumulację, takich jak nawożenie czy formy stosowanej pogłównie nawozów.

Uzyskane wyniki wskazują na istotny wzrost zawartości azotu zarówno w owocach, o $3,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ (22,5%) i liściach o $5,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ (28%) pod wpływem nawożenia azotem. Dawka azotu ($120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) zwiększyła także zawartość azotanów w porównaniu do kontroli ($0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$), przy czym większe przyrosty dotyczyły liści (7,5%), a mniejsze (3%) owoców. Takie tendencje zaobserwowali wcześniej Koszański i in. (2006), oceniając owoce różnych odmian truskawek uprawianych na glebie lekkiej. Zastosowane przez autorów zwiększone nawożenie mineralne w ilości $220 \text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($40 + 80 + 100$) zwiększyło istotnie w suchej masie owoców truskawki nie tylko zawartość azotu, ale i azotanów. W świetle licznych badań przeprowadzonych z różnymi gatunkami roślin wynika, że wzrastające dawki azotu przyczyniają się do jego zwiększenia – zarówno formy ogólnej jak i azotanowej. Taki pogląd przytacza również Karczmarczyk i in. (1996), na podstawie badań różnych odmian owsa. Autorzy zanotowali 4-5 krotny, istotny wzrost zawartości azotanów w liściach flagowych testowanych odmian, a także wskazali na ich wzrost w ziarnie owsa pochodzącego z obiektów z wysokimi dawkami NPK ($390 \text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$, $120 + 120 + 150$), aczkolwiek nie do granic uznawanych za szkodliwe. Na podobne tendencje wzrostu zawartości azotanów i azotu, wraz ze wzrostem wysokości dawek nawożenia mineralnego wskazują również Podsiadło i in. (2006) w uprawie pomidora i fasoli.

Tabela 3. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na skład chemiczny owoców i liści malin (średnia z lat 2002-2004)**Table 3.** Influence of irrigation and mineral fertilizer on chemical composition of fruits and leaves of raspberries (mean of years 2002-2004)

Obiekt – Factor		(g·kg ⁻¹ s.m.)					(mg·kg ⁻¹ s.m.)			
		N	P	K	Ca	Mg	N-NO ₃	Fe	Zn	
Owoce – Fruits										
Nawadnianie*	0	15,0	3,5	13,3	1,60	1,6	248	159	27,0	
Irrigation*	W	14,6	3,5	14,7	1,60	1,6	217	147	28,0	
Nawożenie	0 kg N·ha ⁻¹	13,3	3,3	13,5	1,60	1,6	229	152	29,0	
Fertilization	120 kg N·ha ⁻¹	16,3	3,7	14,5	1,60	1,6	236	155	26,0	
Średnia – Mean		14,8	3,5	14,0	1,60	1,6	233	153	27,5	
NIR _{0,05} dla, LSD _{0,05} for:		r.n.	r.n.	0,6	r.n.	r.n.	11,0	7,9	r.n.	
Nawadniania – Irrigation		n.s.	n.s.	0,8	n.s.	n.s.	r.n.	r.n.	n.s.	
Nawożenia – Fertilization		0,7	0,25		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Liście – Leafs										
Nawadnianie	0	23,6	4,00	15,0	9,2	2,7	944	190	47	
Irrigation	W	22,2	4,40	18,0	10,1	3,2	764	193	44	
Nawożenie	0 kg N·ha ⁻¹	20,1	4,50	15,7	10,1	3,1	823	197	53	
Fertilization	120kg N·ha ⁻¹	25,8	3,90	17,3	9,2	2,8	885	187	37	
Średnia mean		22,9	4,20	16,5	9,7	2,95	854	192	45	
NIR _{0,05} dla, LSD _{0,05} for:										
Nawadniania – Irrigation		1,1	0,31	0,6	0,3	0,1	21,0	r.n.n.s.	2,0	
Nawożenia – Fertilization		1,4	0,38	0,7	0,5	0,2	r.n.	r.n.n.s.	4,0	

*0 – nie nawadniane – no irrigation; W – nawadniane – with irrigation.

Nawadnianie i nawożenie azotem istotnie modyfikowało również zawartość potasu w owocach i liściach maliny (tab. 3). Średnio owoce gromadziły nieco mniej potasu (14,0 g·kg⁻¹ s.m.) niż liście (16,5 g·kg⁻¹ s.m.). Zaobserwowano zwiększenie koncentracji potasu dzięki nawadnianiu o 1,4 g·kg⁻¹s.m. (10,5%) w owocach i 3,0 g·kg⁻¹ s.m. (20%) w liściach oraz nawożeniu azotem odpowiednio o 1,0 g·kg⁻¹ s.m. (o 7,4%) w owocach i 1,6 g·kg⁻¹s.m. (o 10,2%) w liściach. Analiza statystyczna dotycząca zawartości fosforu w suchej masie owoców i liści maliny wykazała, że nawadnianie istotnie zwiększało zawartość tego pierwiastka w liściach (o 0,4 g·kg⁻¹ s.m.), nie powodując zmian w owocach. W literaturze

istnieją rozbieżności dotyczące gromadzenia fosforu i potasu w nawadnianych roślinach. Rzekanowski i in. (1999) stwierdzili obniżenie zawartości analizowanych pierwiastków, natomiast Koszański i in. (2006) wzrost ich koncentracji w owocach truskawki. Wykazane w doświadczeniu wyższe zawartości potasu w owocach i liściach, a także fosforu w liściach roślin nawadnianych mogą być wynikiem większej dostępności tych składników dla roślin. Zachodzi również prawdopodobieństwo, że w korzystnych warunkach wilgotnościowych istnieją bardziej sprzyjające warunki uruchamiania fosforu i potasu z trudno rozpuszczalnych połączeń glebowych. Uzyskane wyniki wskazują, że nawożenie azotem powoduje istotnie większe gromadzenie fosforu w s.m. owoców malin (o $0,25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i obniżenie jego zawartości w s. m. liści ($0,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). W badaniach spotyka się niekiedy rozbieżne wyniki. Błaszczyk i Ben (1996) w oparciu o doświadczenia z jabłoniami podają, że wzrastającym dawkom nawozów azotowych towarzyszy nie tylko istotne zwiększenie zawartości azotu, ale i zmniejszenie zawartości fosforu w owocach. Uzyskane wyniki dotyczące gromadzenia fosforu i potasu w owocach i liściach maliny częściowo korespondują z wynikami Švagždys i Viškelis (2002). Autorzy stwierdzili, że zawartość fosforu i potasu w liściach młodych jabłoni nawożonych dawką $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ była wyższa, ale dawki wyższe ($100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) przyczyniły się do obniżenia analizowanych form pierwiastków w liściach w porównaniu do nie nawożonej kontroli. Natomiast owoce i liście starszych drzew, zawsze charakteryzowały się niższą koncentracją fosforu i potasu pod wpływem nawożenia azotem niezależnie od jego wysokości w porównaniu do nienawożonych.

W pracy również oceniano zawartość wapnia i magnezu. Zebrany materiał wskazuje, że średnia zawartość tych pierwiastków w s.m. owoców wynosiła $1,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i nie była różnicowana przez nawadnianie czy nawożenie azotem. Inne tendencje zaobserwowano analizując liście. Otóż przeciętna zawartość wapnia wahała się od $9,2$ do $10,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a magnezu od $2,7$ do $3,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Rośliny nawadniane gromadziły istotnie więcej wapnia (o $0,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, co stanowiło prawie 11%) i magnezu (o $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 11,5%) w liściach niż te, które uprawiano bez nawadniania. Jednocześnie wyższe dawki azotu przyczyniły się do obniżenia zawartości tych pierwiastków w porównaniu do roślin uprawianych bez nawożenia azotowego. Gromadzenie większych ilości magnezu w owocach nawadnianych roślin w porównaniu do obiektu kontrolnego spotyka się często. Niekiedy może być on skutkiem wynikającym ze składu chemicznego wody użytej do nawadniania, która może zawierać większe ilości magnezu. Z kolei zawartość wapnia, jak podaje Brodowska i Kaczor (2004), w suchej masie roślin wynosi najczęściej od 5 do $30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Jednak liczne wyniki przekonują, że ilość wapnia zależy od gatunku, organu, wieku rośliny, zasobności gleby w wapń i wielu innych czynników wpływających na jego pobieranie (Lawrence i in. 1995).

Średnia zawartość cynku wynosiła od 26 do 53 mg·kg⁻¹, a żelaza od 147 do 197 mg·kg⁻¹ w owocach i liściach maliny. Zakresy te nie odbiegają od większości danych literaturowych dotyczących uprawy drzew i krzewów owocowych. Uzyskane wyniki dotyczące zawartości żelaza w liściach i cynku w owocach malin wskazują, że zarówno nawadnianie i nawożenie azotem nie różnicowało ich istotnie. Zaobserwowano jedynie niewielkie tendencje zwiększenia zawartości żelaza w liściach i cynku w owocach w wyniku nawadniania i ich obniżenia w tych organach pod wpływem nawożenia azotem. Natomiast istotne zmiany dotyczą zmniejszenia koncentracji cynku w liściach maliny zarówno pod wpływem nawadniania jak i nawożenia azotem. Z kolei analiza zawartości żelaza, dowiodła istotnego obniżenia się zawartości tego pierwiastka w owocach roślin nawadnianych w porównaniu do rosnących w naturalnych warunkach uwilgotnienia.

WNIOSKI

1. Nawadnianie istotnie obniżyło zawartość azotu ogólnego i azotanowego w liściach, a w owocach tylko formy azotanowej. Zabieg ten w liściach zwiększył zawartość fosforu, potasu, wapnia, magnezu i żelaza, a w owocach ilość potasu i żelaza. Jednocześnie nawadnianie nie powodowało zmian w zawartości fosforu, wapnia i magnezu w owocach malin.

2. Dawka 120 kg N·ha⁻¹ istotnie zwiększyła ilość azotu ogólnego, azotanowego, potasu w owocach i liściach oraz fosforu w owocach. Spowodowała również, że liście charakteryzowały się istotnie niższą zawartością fosforu, wapnia, magnezu i cynku, ale nie różnicowała zawartości wapnia i magnezu w owocach malin.

PIŚMIENNICTWO

- Błaszczyk J., Ben J., 1996. Wpływ nawożenia drzew azotem na koncentrację składników mineralnych w jabłkach i ich podatność na niektóre choroby fizjologiczne. Mat. XXXIV Ogólnop. Nauk. Konf. Sadow. Skierniewice, 28-30 sierpnia, 310-313.
- Brodowska M.S., Kaczor A., 2004. Wpływ zróżnicowanego zaopatrzenia gleby w magnez, wapń, i siarkę na zawartość magnezu i wapnia w roślinach. Część I. Pszenica jara. J. Elementol., 9 (3), 231-237.
- Friedrich S., Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C., 2003. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na budowę morfologiczną i anatomiczną oraz plonowanie truskawki (*Fragaria x ananasa* Duch.). Folia Horticulturae, Supplement, 2003/2, 231-233.
- Gawęda M., Ben J., 2003. Zmiany zawartości makroskładników w roślinach truskawki (*Fragaria x ananasa* Duch.) w zależności od wieku rośliny. Folia Horticulturae, Supplement, 2003/2, 234-235.
- Gruca Z., 2003. Wpływ kilku podkładek na wzrost, plonowanie i zawartość składników mineralnych w liściach jabłoni 'Rubin' w pierwszych latach po posadzeniu. Folia Horticulturae, Supplement, 2003/2, 152-155.
- Karczmarczyk S., Koszańska E., Ściążko D., Tyrakowska U., 1996. Porównanie reakcji dwóch odmian owsa na deszczowanie i nawożenie mineralne. Cz. II. Aktywność enzymów oraz skład chemiczny ziarna. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 438, 227-234.

- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C., Herman B., 2003. Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na plonowanie dwóch odmian malin uprawianych na glebie lekkiej. *Folia Hortic., Supplement*, 2003/2, 246-248.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Rumas-Rudnicka E., Herman B., 2000. Influence of irrigation and mineral fertilization on some physiological processes and field of strawberry. 12th Congress FESPP, *Plant Physiology and Biochemistry*, 38, Supplement, 142.
- Koszański Z., Rumas-Rudnicka E., Herman B., 2001. Wpływ nawadniania kropowego i nawożenia mineralnego na plonowanie dwóch odmian truskawek. *Inżynieria Rolnicza*, 13 (33), 213-217.
- Koszański Z., Rumas-Rudnicka E., Podsiadło C., 2006. Wpływ nawadniania kropowego i nawożenia mineralnego na jakość owoców truskawki. *J. Elementol.*, 11(1), 21-27.
- Lawrence G.B., David M.B., Shortle W.C., 1995. A new mechanism for calcium loss in forest-floor soils. *Nature*, 378 (9), 162-165.
- Lisiewska Z., Kmiecik A., 1991. Azotany i azotyny w warzywach. Cz. I. Wpływ różnych czynników na zawartość azotanów i azotynów w warzywach świeżych. *Post. Nauk Roln.*, 3, 11-24.
- Pacholak E., Przybyła Cz., 1996. Wpływ nawadniania i zasobności gleb na jakość plonów jabłoni odmiany Idared. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 438, 165-173.
- Podsiadło C., Biczak R., Herman B., 2006. Wpływ mikronawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość azotanów (V) w wybranych roślinach warzywnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 513, 323-343.
- Podsiadło C., Jaroszewska A., Herman B., Biczak R., Rumas-Rudnicka E., 2005. Wpływ nawadniania podkoronowego i nawożenia mineralnego na wielkość i jakość plonów brzoskwini. *Inżynieria Rolnicza*, 4 (64), 117-124.
- Rebandel Z., Przysiecka M., Cofta H., 1992. Wpływ nawadniania na plonowanie i wzrost maliny odmiany Norna. *Pr. Inst. Sad. Ser. C*, 115-116, (3-4), 69-70.
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., Rzekanowski Cz., 2002. Effect of micro-irrigation on the growth and yield of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. 'Polana' in very light soil. *Acta Hort.*, 585, 653-657.
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., Rzekanowski Cz., 2005. Nawadnianie jako czynnik przeciwdziałający skutkom posuch w uprawie maliny na glebie piaszczystej. *IMUZ, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, T. 5, z. specj., (14), 243-260.
- Rolbiecki S., Rzekanowski Cz., 1996. Wpływ nawadniania deszczownianego i kropowego na niektóre cechy jakościowe plonu wybranych gatunków warzyw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 438, 205-212.
- Rolbiecki S., Rzekanowski Cz., 1997. Influence of sprinkler and drip irrigation on the growth and yield of strawberries grown on sandy soil. *Acta Hort.*, 439, 669-671.
- Rumas-Rudnicka E., Koszański Z., Podsiadło C., Gluba I., 2006. Wpływ nawadniania wodą o różnym zasoleniu na zawartość wybranych pierwiastków w warzywach. *J. Elementol.*, 11 (1), 77-87.
- Rzekanowski Cz., Rolbiecki S., Rolbiecki R., 1999. Rola techniki nawodnień w kształtowaniu składu chemicznego plonu owoców truskawki. *Inżynieria Rolnicza*, 5 (11), 235-239.
- Švagždys S., Viškelis P., 2002. Effect of nitrogen fertilization on 'Sawa' apple yield and quality. *Folia Hort.*, 14/1, 213-225.
- Szewczuk A., Sosna I., Liczner M., 1994. Efekty nawadniania różnych kultur sadowniczych w warunkach dolnego Śląska. Projektowanie i eksploatacja mikronawodnień. III Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. PAN i SGGW, 58-67.
- Treder W., 2003. Nawadnianie plantacji jako czynnik warunkujący jakość owoców. Ogólnopolska Konferencja truskawkowa. *Inst. Sad. i Kwiat. Skierniewice*, 88-92.
- Wieniarska J., Nurzyński J., 1994. Wpływ nawożenia azotem i nawadniania na plonowania maliny odm. Camby i Malling Seedling. 33 Ogólnop. Nauk. Konf. Sad., Cz., 2 Skierniewice, ISK, 310-312.
- Wijsmueller J., 1989. Aardbei Meer stikstof geven leidt niet tot nogere produktie. *Groet. en Fruit.*, 44, 82-83.

INFLUENCE OF DRIP IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZER
ON CHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS AND LEAVES
OF RASPBERRIES

Ewa Rumasz-Rudnicka, Zdzisław Koszański, Róża Kowalewska

Department of Plant Production and Irrigation, Pomerania University of Technology
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: ewa.rumasz@zut.edu.pl

Abstract. The field experiment was carried out in the years 2002-2004 on a sandy soil. The effect of drip irrigation and nitrogen fertilization on chemical composition of fruits and leaves of raspberry was studied. Supplemental irrigation significantly decreased the content of total and nitrate nitrogen in the leaves and only nitrate nitrogen in the fruits of raspberry. Irrigation increased the content of P, K, Ca, Mg, Fe in the leaves and K and Fe in the fruits. Nitrogen fertilizer (120 kg N ha^{-1}) significantly increased the content of the total and nitrate nitrogen and potassium in both the fruits and leaves, and phosphorus only in the fruits, however decreased the content of P, Ca, Mg and Zn in the fruits.

Keywords: raspberry, drip irrigation, nitrogen fertilizer, chemical composition of fruits and leaves of raspberries