

STRATY WODY I SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W SYSTEMIE NAWADNIANIA KROPOWEGO UPRAW SZKLARNIOWYCH

LOSSES OF WATER AND NUTRIENTS IN DRIP IRRIGATION SYSTEM OF GREENHOUSE CULTIVATION

Wioletta Żarnowiec, Andrzej Bogdał, Włodzimierz Rajda
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy określono straty wody i składników pokarmowych w systemie nawadniania kropłowego w szklarni, przy uprawie róż na substracie torfowym. Odpływy mierzono metodą naczynia cechowanego w trzech terminach, w których stosowano 2 lub 3 cykle nawadniania różnymi dawkami. Ponadto w laboratorium metodami referencyjnymi oznaczano w próbach uśrednionych pożywki i odcieków, stężenia 8 składników pokarmowych: N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} oraz Mg^{2+} . Na podstawie pomierzonych objętości odcieków i stężeń zawartych w nich składników pokarmowych, z drugiej zaś strony w oparciu o objętości i stężenia składników w dostarczanej roślinom pożywce obliczono odpowiednio ładunki odprowadzane i wprowadzane do systemu, a z ich ilorazu ustalono procent strat składników pokarmowych. Analiza wyników badań wykazała duże zróżnicowanie objętości odpływu odcieków w zależności od wielkości nawadniającej dawki polewowej lub dobowej oraz ze względu na liczbę cykli realizowanych w ciągu dnia. W pracy wykazano potencjalne możliwości zmniejszenia strat wody w systemie nawadniania, które w zależności od wariantu obliczeniowego wyniosły w warunkach doświadczenia od 21,6 do 99,8%. Stwierdzono również wzrost stężeń Mg^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ , N-NO_2^- w stosunku do pożywki podawanej roślinom, czyli odnotowano tzw. zjawisko zateżnienia odcieków. Ze względu na to zjawisko w przypadku tych samych 4 składników pokarmowych stwierdzono średnio największe, bo 70–90% straty ilościowe. Należy jednak podkreślić, że straty składników pokarmowych wystąpiły w każdym terminie badawczym i dotyczyły w różnym stopniu wszystkich badanych składników.

Abstract. Losses of water and nutrients in drip irrigation system of greenhouse rose cultivation in peat substrate were presented in the paper. The outflows were measured

Adres do korespondencji – Corresponding authors: mgr inż. Wioletta Żarnowiec, dr inż. Andrzej Bogdał, prof. dr hab. inż. Włodzimierz Rajda, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30–059 Kraków, e-mail: w.zarnowiec@ur.krakow.pl, rmbogdal@cyf-kr.edu.pl, rmrajda@cyf-kr.edu.pl.

using calibrated vessel method, on three dates when 2 or 3 irrigation cycles with various doses were applied. Moreover, the following laboratory assessments were made using reference methods in the averaged samples of nutrient solution and leachates: concentrations of 8 nutrients N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} and Mg^{2+} . On the basis of measured leachate volumes and their nutrient concentrations, and basing on the volumes and concentrations of nutrients in nutrient solution supplied to the plants, computed were respectively loads supplied to and removed from the system, whereas the percent of nutrient losses was calculated from their ratio. Analysis of the research results revealed a high diversification of the leachate outflow volume depending on the amount of watering or daily dose and due to the number of cycles realized during the day. The paper demonstrated potential of decreasing water losses in the irrigation system, which depending on the calculation variant, under the experimental conditions ranged from 21.6 to 99.8%. An increase in concentrations of Mg^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ , and N-NO_2^- was also stated in comparison with the nutrient solution supplied to the plants, i.e. a phenomenon of so called condensation of leachates was observed. Due to this phenomenon, on average the highest, between 70 and 90% quantitative losses were noted for the same 4 nutrients. However, it should be emphasized that quantitative losses of nutrients occurred on each date of research and to various extent concerned all analyzed nutrients.

Słowa kluczowe: nawadnianie kropłowe, pożywka, odcieki, straty wody, straty składników

Key words: drip irrigation, nutrient solution, leachates, water losses, nutrient losses

WSTĘP

Dynamicznie rozwijającymi się w Polsce działami ogrodnictwa i całego rolnictwa jest uprawa roślin ozdobnych i warzywnictwo. Do nawadniania upraw często wykorzystuje się automatycznie sterowane systemy kropłowe, które są precyzyjne pod względem terminów nawadniania oraz ilości pożywki (dawki wody i nawozów) podawanej punktowo pod poszczególne rośliny [Drupka 1980, Żarski i in. 2013]. Systemy te umożliwiają wybór dowolnej sekcji lub rurociągu kropłującego do nawadniania określonej części szklarni. Automatycznie sterowana fertygacja wymaga większej ilości wody (tzw. przelewu), niż rzeczywiście potrzebują jej uprawiane rośliny. Nadmiar wody i rozpuszczonych w niej składników pokarmowych powinien być właściwie dostosowany do jednorazowej dawki nawadniania – służy on m.in. dobremu rozwojowi roślin, lepszemu pobieraniu składników pokarmowych czy też ograniczeniu zasolenia podłoża. Jego wielkość zależy od jakości wody pobieranej ze źródła do nawodnień oraz od warunków meteorologicznych [Treder i Matysiak 1996, Dyśko 2003]. Przelew powoduje odciek pożywki bogatej w składniki pokarmowe, której podłoże nie może zretencjonować, a roślina wykorzystać przed kolejnym cyklem kropłowania. Odcieki po odpowiednim przygotowaniu mogą być recykulowane i ponownie użyte do dokarmiania roślin (systemy zamknięte z recyrkulacją) lub gromadzone w zbiornikach i stosowane do nawożenia innych upraw (system otwarty bez recyrkulacji). Ze względu na znaczne koszty stosowania pierwszego z wyżej wymienionych sposobów zagospodarowania odcieków, w większości gospodarstw ogrodniczych w Polsce wciąż przeważają systemy otwarte, czyli takie, z których odcieki są odprowadzane poza szklarnię do szczelnych zbiorników albo niekiedy bezpośrednio do gruntu lub wód powierzchniowych. Powstają

wówczas straty wody i nawozów, co wpływa na wzrost kosztów produkcji oraz stwarza zagrożenie dla środowiska [Breś 2002, Treder i Treder 2002, Kowalczyk i in. 2010, Dyśko i in. 2011, Kowalczyk i in. 2013].

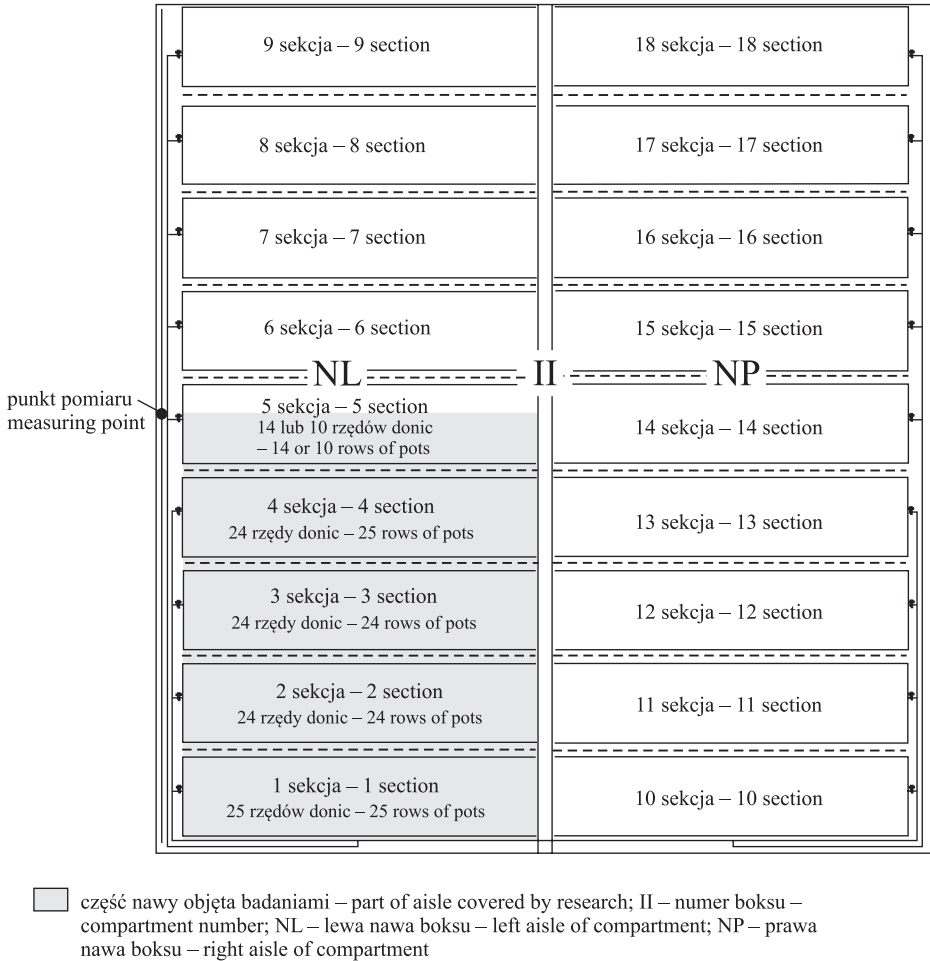
Celem pracy było określenie wielkości strat wody i składników pokarmowych w systemie nawadniania kropłowego w szklarni, przy uprawie róż na substracie torfowym (ryc. 1). Aby osiągnąć założony cel, w trzech losowo wybranych terminach pomierzono natężenie odpływu odcieków z systemu, obliczono objętości i współczynniki odpływu oraz ustalono średnie stężenia składników w pożywce i w odciekach. Na podstawie pomierzonych objętości odcieków i stężeń zawartych w nich składników pokarmowych, z drugiej zaś strony w oparciu o objętości i stężenia składników w dostarczanej roślinom pożywce, obliczono odpowiednio ładunki odprowadzane i wprowadzane do systemu, a z ich ilorazu ustalono procent strat składników pokarmowych.



Ryc. 1. Uprawa róż na substracie torfowym – system nawadniania kropłowego i dwa rzędy donic
Fig. 1. Rose cultivation in peat substrate – drip irrigation system and two rows of pots

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w dużej szklarni gospodarstwa ogrodniczego położonego w okolicach Krakowa. Objęta doświadczeniem powierzchnia szklarni, w pierwszych dwóch terminach wynosiła 0,42 ha. Było na niej rozmieszczonych 111 rzędów donic obsługiwanych przez sekcje 1–4 oraz 14 rzędów sekcji 5. Łącznie stanowiło to około $\frac{1}{4}$ uprawowej powierzchni boksu II i połowę lewej nawy szklarni (ryc. 2). Na eksperymentalnej powierzchni uprawiano 14 541 roślin. W trzecim terminie, ze względu na wyłączenie dwóch rurociągów kropłujących z powodu nowych nasadzeń, donice rozmieszczone były w 107 rzędach na powierzchni 0,38 ha (ryc. 2). Punkt pomiaru odpływu i poboru próbek odcieków do analiz laboratoryjnych zlokalizowano przy ujściu rynny zbiorczej do studni na kolektorze odpływowym, znajdującej się w środku długości lewej nawy boksu (ryc. 2).



Ryc. 2. Schemat boksu szklarni z zaznaczoną częścią objętą badaniami

Fig. 2. A scheme of greenhouse box with marked section covered by the investigations

W pierwszym terminie badań zastosowano 2 dawki polewowe, których podawanie rozpoczęto o godzinie 10⁰⁰ i 13⁰⁰, zaś w dwóch pozostałych po 3 dawki, odpowiednio o 7⁰⁰, 10⁰⁰ i 13⁰⁰ oraz o 6⁰⁰, 10⁰⁰ i 15⁰⁰. Dawki te, dostarczane kolejno do wszystkich sekcji systemu, ustalał właściciel szklarni, kierując się stanem wilgotności substratu torfowego podłoża oraz czynnikami wpływającymi na zużycie wody i nawozów, takimi jak: długość dnia, nasłonecznienie, faza rozwoju roślin oraz temperatura i wilgotność powietrza w szklarni. Dawki pożywki były wprowadzane przez 2 emitery do każdej z donic o pojemności 10 dm³. W pierwszym terminie zastosowano dawki polewowe równe 3925 dm³, co w przeliczeniu na jedną donicę wynosiło 270 dm³. W drugim terminie w każdym cyklu zastosowano takie same dawki (3925 dm³). Jednak przy trzech cyklach nawadniania (dawkach polewowych) oznaczało to zwiększenie dawki dziennej o 3925 dm³, to jest o 50% w stosunku do dnia

pierwszego. W trzecim terminie dawkę polewową zmniejszono do 3200 dm³ i 220 cm³ na jedną donicę. Dawka dzienna w tym dniu była o 1750 dm³, to jest o około 22% większa niż w dniu pierwszym, ale o 2175 dm³, to jest o 18,5% mniejsza niż w dniu drugim. W sumie w okresie badań na powierzchnię objętą eksperymentem dostarczono 7,85, 11,78 i 9,60 m³ pożywki, a do poszczególnych donic 0,54, 0,81 i 0,66 dm³.

Do pomiarów natężenia odpływu podczas i po każdym z 8 cykli nawadniania w okresie badań, stosowano metodę podstawianego naczynia cechowanego. Pomiary natężenia odpływu w kolejnych terminach przeprowadzono 134, 103 i 89 razy w różnych odstępach czasu, zwiększając ich częstotliwość do jednej minuty przy intensywnym przyroście i podczas szczytowego natężenia odpływu. Obliczono sumy objętości odpływu (straty) oraz współczynniki odpływu w każdym cyklu kropłowania i terminie pomiaru.

Próbki odcieków do analiz laboratoryjnych pobierano w różnych godzinach poszczególnych cykli kropłowania, w zależności od natężenia odpływu. Dążono do tego, aby je pobierać w okresie największego odpływu, a także przed każdym kropłowaniem, czyli w czasie, gdy w rynnie zbiorczej odpływy były minimalne. W pierwszym terminie pobrano cztery próbki odcieków w pierwszym cyklu i trzy próbki w drugim cyklu kropłowania. W dwóch pozostałych terminach pobrano po dwie próbki odcieków w każdym cyklu kropłowania. W celu ustalenia różnic stężeń składników w pożywce i odciekach, na początku każdego cyklu pobrano też próbki pożywki stosowanej do nawadniania. Łącznie pobrano 19 próbek pożywki o zmodyfikowanym składzie chemicznym, odpływającej rynną zbiorczą po przesączeniu przez podłoże wypełniające donice z roślinami odcieków oraz 8 próbek wody po wymieszaniu z nawozami (pożywki) bezpośrednio z mieszalnika. W odciekach i pożywce oznaczono metodami referencyjnymi, średnie w poszczególnych dniach, wartości stężeń: N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, PO₄³⁻, K⁺, SO₄²⁻, Ca²⁺ oraz Mg²⁺.

WYNIKI BADAŃ

W każdym terminie po porannych dawkach niezależnie od ich wielkości, objętości odpływu były wyraźnie mniejsze niż po dawkach przed- i popołudniowych (tab. 1).

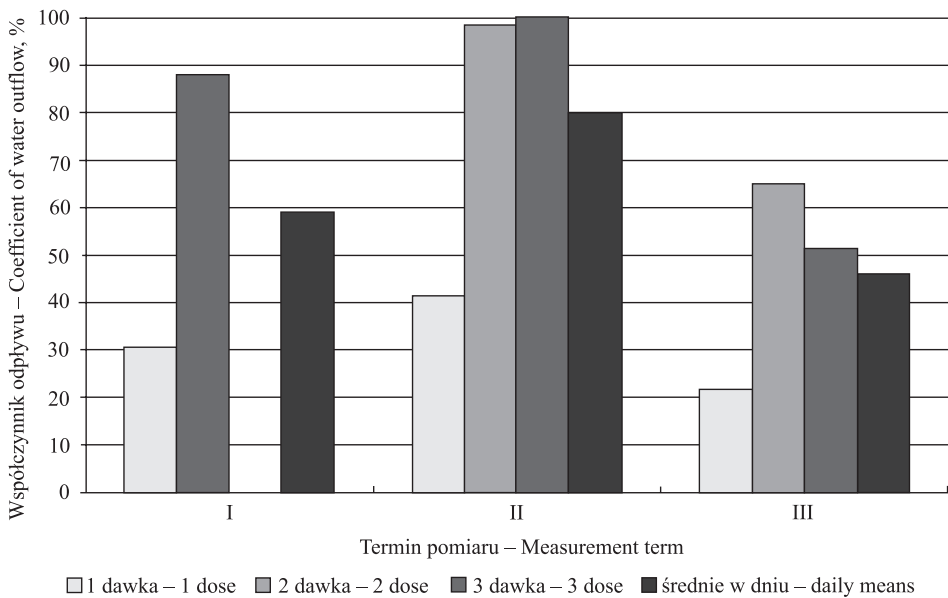
Odpływy całkowite ze wszystkich donic po każdej dawce polewowej i dziennej, w stosunku do dawek nawodnieniowych (współczynniki odpływu) w I i II terminie po pierwszych dawkach wynosiły 30,2% i 41,1%, a po dawkach drugich 88,0% i 98,6% (ryc. 3). Porównując nawadnianie w II i III terminie, gdy stosowano po 3 dawki polewowe równe odpowiednio 3925 i 3200 dm³ i dawki dzienne 11 775 i 9600 dm³, stwierdzono, że wynosząca 18,5% różnica spowodowała zmniejszenie objętości dziennego odcieku (strat) o 4984 dm³, to jest o 53% (tab. 1). Dzielne współczynniki odpływu zmniejszyły się z 79,8 do 46,0%, zaś po kolejnych dawkach polewowych odpowiednio z: 41,1%, 98,6% i 99,8% do 21,6%, 65,0% i 51,3% (ryc. 3). Odnotowane straty i współczynniki odpływu w II terminie pomiaru wskazują na zastosowanie zbyt dużych dawek polewowych i dziennych (tab. 1, ryc. 3).

Stężenia składników pokarmowych w pożywce poprzez kontakt w czasie nawadniania z torfowym substratem podłoża ulegały modyfikacji (tab. 2). Z analizy średnich wartości stężenia składników pokarmowych w odciekach i pożywce w poszczególnych terminach wynika, że w przypadku: azotynowej formy azotu (N-NO₂⁻), siarczanów

Tabela 1. Objętość dawek polewowych i odpływu w poszczególnych terminach pomiaru i cyklach nawadniania

Table 1. Volume of watering doses and outflow on individual measurement dates and irrigation cycles

Termin pomiaru Date of measurement	Cykl nawodnieniowy Irrigation cycle	Dawka pożywki Nutrient solution dose dm ³	Objętość odpływu Outflow volume dm ³
I	1	3 925	1 185
	2	3 925	3 453
	w dniu – daily	7 850	4 638
II	1	3 925	1 612
	2	3 925	3 868
	3	3 925	3 916
	w dniu – daily	11 775	9 396
III	1	3 200	692
	2	3 200	2 079
	3	3 200	1 641
	w dniu – daily	9 600	4 412



Ryc. 3. Wartości współczynnika odpływu wody w poszczególnych terminach pomiaru

Fig. 3. Coefficient of water outflow on respective dates of measurement

Tabela 2. Stężenia składników pokarmowych zawartych w pożywce i odciekach
Table 2. Concentrations of nutrients in nutrient solution and in outflows

Termin pomiaru Date of measurement	Składnik pokarmowy Nutrient	Stężenia składników pokarmowych Nutrient concentrations mg · dm ⁻³			(SR : SP) · 100%
		Pożywka Nutrient solution SP	Odciek Leachate SO	Różnica Difference SO – SP = SR	
I	N–NH ₄ ⁺	17,01	0,58	–16,43	–96,6
	N–NO ₂ [–]	0,075	0,082	0,007	9,3
	N–NO ₃ [–]	72,10	79,60	7,50	10,4
	PO ₄ ^{3–}	44,69	52,65	7,96	17,8
	K ⁺	141,7	162,80	21,1	14,9
	SO ₄ ^{2–}	171,7	227,07	55,37	32,2
	Ca ²⁺	108,66	134,36	25,7	23,7
	Mg ²⁺	19,83	27,20	7,37	37,2
II	N–NH ₄ ⁺	36,51	0,27	–36,24	–99,3
	N–NO ₂ [–]	0,073	0,080	0,007	9,6
	N–NO ₃ [–]	114,59	104,06	–10,53	–9,2
	PO ₄ ^{3–}	62,64	60,48	–2,16	–3,4
	K ⁺	186,9	181,10	–5,8	–3,1
	SO ₄ ^{2–}	202,84	250,77	47,93	23,6
	Ca ²⁺	211,27	181,97	–29,3	–13,9
	Mg ²⁺	26,68	31,56	4,88	18,3
III	N–NH ₄ ⁺	18,84	1,10	–17,74	–94,2
	N–NO ₂ [–]	0,044	0,065	0,021	47,7
	N–NO ₃ [–]	162,97	122,18	–40,79	–25,0
	PO ₄ ^{3–}	79,59	74,63	–4,96	–6,2
	K ⁺	147,5	226,60	79,1	53,6
	SO ₄ ^{2–}	129,7	211,20	81,5	62,8
	Ca ²⁺	233,77	227,93	–5,84	–2,5
	Mg ²⁺	15,92	27,08	11,16	70,1
Średnio w terminach I–III Average for I–III dates	N–NH ₄ ⁺	24,12	0,65	–23,47	–97,3
	N–NO ₂ [–]	0,064	0,076	0,012	18,8
	N–NO ₃ [–]	116,55	101,95	–14,6	–12,5
	PO ₄ ^{3–}	62,31	62,59	0,28	0,4
	K ⁺	158,70	190,17	31,47	19,8
	SO ₄ ^{2–}	168,08	229,68	61,6	36,6
	Ca ²⁺	184,57	181,42	–3,15	–1,7
	Mg ²⁺	20,81	28,61	7,8	37,5

(SO_4^{2-}) oraz magnezu (Mg^{2+}) wystąpił w każdym terminie wzrost koncentracji w odciekach w stosunku do pożywki podawanej roślinom (tab. 2). Dla N-NO_2^- , przy stosunkowo niskich wartościach, wzrost ten wahał się w granicach 9,3–47,7% – średnio 18,8%. W przypadku SO_4^{2-} wynosił średnio 36,6%, przy wahaniami w zależności od terminu od 23,6 do 62,8%. W przypadku Mg^{2+} średni wzrost wynosił 37,5%, przy wahaniami od 18,3 do 70,1%. Średnie z trzech terminów wartości wzrosły również w przypadku potasu o 19,8% (tab. 2). Praktycznie nie zmieniło się w stosunku do pożywki średnie stężenie fosforanów (0,4%), które w środowisku torfowego podłoża mogły się uwstecznić. We wszystkich trzech terminach badań zmniejszyło się w odciekach stężenie N-NH_4^+ średnio o 97,3% w stosunku do pożywki. Również o 12,5% i 1,7% obniżyło się odpowiednio stężenie N-NO_3^- i Ca^{2+} (tab. 2).

W oparciu o objętość dawek nawadniających i odpływu (tab. 1) oraz średnie wartości stężenia składników pokarmowych w pożywce i odciekach (tab. 2) obliczono ładunki składników pokarmowych w pożywce podawanej roślinom i wyniesione z podłoża w odciekach oraz procentowe straty w poszczególnych terminach pomiaru (tab. 3). Straty wyrażone stosunkami ładunków odprowadzanych i wprowadzanych do systemu wystąpiły w każdym dniu pomiaru (tab. 3). Najmniejsze wystąpiły w przypadku N-NH_4^+ i wynosiły 2,0% w I; 0,6% w II oraz 2,7% w III terminie badań – średnio 1,8%. Straty w każdym terminie pomiaru, wynoszące 64,6%–98,7% w stosunku do pożywki, stwierdzono w przypadku: N-NO_2^- , Mg^{2+} , K^+ oraz SO_4^{2-} . Również straty średnie ze wszystkich terminów badawczych w przypadku tych czterech składników pokarmowych były największe i wyniosły powyżej 70%. W przypadku Ca^{2+} , N-NO_3^- oraz PO_4^{3-} straty w I i II terminie wynosiły 50–100%, a w III terminie były mniejsze niż 50%. (tab. 3).

Tabela 3. Ładunki składników pokarmowych w pożywce i odciekach oraz straty średnie i w poszczególnych terminach badań

Table 3. Nutrient loads in nutrient solution and leachates, and average losses on respective measurement dates

Termin Pomiaru Date of measurement	Składnik pokarmowy Nutrient solution	Ładunki składników pokarmowych Nutrient loads		Straty składników Nutrient losses (ŁO : ŁP) · 100 %
		g		
		Pożywka Nutrient solution ŁP	Odciek Leachate ŁO	
I	N-NH_4^+	133,53	2,69	2,0
	N-NO_2^-	0,59	0,38	64,6
	N-NO_3^-	565,99	369,18	65,2
	PO_4^{3-}	350,82	244,19	69,6
	K^+	1112,35	755,07	67,9
	SO_4^{2-}	1347,85	1053,15	78,1
	Ca^{2+}	852,98	623,16	73,1
	Mg^{2+}	155,67	126,15	81,0

Tabela 3. cd.
Table 3. cont.

Termin Pomiaru Date of measurement	Składnik pokarmowy Nutrient solution	Ładunki składników pokarmowych Nutrient loads		Straty składników Nutrient losses (ŁO : LP) · 100 %
		g		
		Pożywka Nutrient solution LP	Odciek Leachate ŁO	
II	N-NH ₄ ⁺	429,91	2,54	0,6
	N-NO ₂ ⁻	0,86	0,75	87,4
	N-NO ₃ ⁻	1349,30	977,75	72,5
	PO ₄ ³⁻	737,59	568,27	77,0
	K ⁺	2200,75	1701,62	77,3
	SO ₄ ²⁻	2388,44	2356,23	98,7
	Ca ²⁺	2487,70	1709,79	68,7
	Mg ²⁺	314,16	296,54	94,4
III	N-NH ₄ ⁺	180,86	4,85	2,7
	N-NO ₂ ⁻	0,42	0,29	67,9
	N-NO ₃ ⁻	1564,51	539,06	34,5
	PO ₄ ³⁻	764,06	329,27	43,1
	K ⁺	1416,00	999,76	70,6
	SO ₄ ²⁻	1245,12	931,81	74,8
	Ca ²⁺	2244,19	1005,63	44,8
	Mg ²⁺	152,83	119,48	78,2
Suma w terminach I-III Total for 1-3	N-NH ₄ ⁺	744,3	10,08	1,4
	N-NO ₂ ⁻	1,87	1,42	75,9
	N-NO ₃ ⁻	3479,8	1885,99	54,2
	PO ₄ ³⁻	1852,47	1141,73	61,6
	K ⁺	4729,1	3456,45	73,1
	SO ₄ ²⁻	4981,41	4341,19	87,1
	Ca ²⁺	5584,87	3338,58	59,8
	Mg ²⁺	622,66	542,17	87,1

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W uprawie róż na wełnie mineralnej zalecana objętość dawki polewowej pożywki powinna wynosić od 80 do 150 ml pod jedną roślinę, przy czym zaleca się stosowanie nadmiaru pożywki w granicach 40–50% dawki [Jerzy 2006]. I choć w poszczególnych

gospodarstwach program postępowania jest opracowywany indywidualnie w zależności od rodzaju rośliny, podłoża i jego własności oraz przebiegu warunków meteorologicznych, to można przyjąć, że w badanej szklarni dawki nawadniające były zbyt wysokie. To niewątpliwie przekłada się na koszty nawadniania – gdyby bez szkody dla roślin, nadmiar pożywki można było ograniczyć np. do 40% obecnie stosowanych dawek, to w warunkach omawianego eksperymentu zaoszczędzono by w ciągu jednego dnia około 5 m³ wody.

Na podstawie analizy danych, uzyskanych z przeprowadzonych wstępnych badań nad stratami wody i składników pokarmowych w systemach nawodnień kroplowych stosowanych w uprawach szklarniowych, można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Odpływ po pierwszej porannej dawce polewowej był zdecydowanie mniejszy niż po podaniu kolejnych dawek nawadniających.
2. Kilkunastoprocentowe zmniejszenie dawki polewowej i dziennej powodowało zmniejszenie odpływu o ponad 50%, co wskazuje na duże potencjalne możliwości sterowania i ograniczania ilością odcieków.
3. Koncentracja większości składników pokarmowych w odciekach z torfowego podłoża była większa niż w pożywce dostarczanej roślinom. Wzrost stężenia w stosunku do pożywki wystąpił w przypadku Mg²⁺, SO₄²⁻, K⁺, N-NO₂⁻, i PO₄³⁻.
4. Straty składników pokarmowych w stosunku do pożywki wystąpiły w każdym terminie badań – szczególnie duże ponad 70% straty odnotowano w przypadku Mg²⁺, SO₄²⁻, N-NO₂⁻ oraz K⁺.
5. W okresie badań suma ładunków składników w pożywce wynosiła ok. 22 kg, natomiast w odciekach ok. 14,7 kg, zatem łączne straty składników pokarmowych kształtowały się na poziomie 66,8%.
6. W świetle uzyskanych wstępnych wyników badań można stwierdzić, że stosowanie zamkniętych systemów nawadniania kroplowego w szklarniach wydaje się w pełni uzasadnione.
7. Kontynuacja podjętych badań dotyczących obiegu wody i składników w systemach kroplowych jest jak najbardziej celowa. Wyniki takich badań mogą być wykorzystywane przy racjonalizacji eksploatacji i projektowaniu oszczędnych systemów nawadniania kroplowego w szklarniach.

PIŚMIENNICTWO

- Breś W., 2002. Zanieczyszczenie środowiska jako skutek uprawy roślin ogrodnich w otwartych systemach nawadniania i nawożenia. *Rocz. AR Pozn. CCCXLII, Melior. Inż. Środ.* 23, 35–42.
- Drupka S., 1980. Deszczownie i deszczowanie. Wyd. 2. PWRiL Warszawa.
- Dyśko J., 2003. Przelew – źródło składników pokarmowych. *Owoce Warzywa Kwiaty*, 21, 9.
- Dyśko J., Kaniszewski S., Kowalczyk W. 2011. Wpływ fertygacji zalewowej na wzrost i rozwój rozsady pomidora szklarniowego uprawianego w podłożu organicznym. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.* 5, 157–165.
- Jerzy M., 2006. Róża. [W:] Jerzy M. (red). *Kwiaty cięte uprawiane pod osłonami*. PWRiL Warszawa, 255–258.
- Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A., 2010. Ocena stopnia zanieczyszczenia składnikami nawozowymi wody z ujęć głębinowych na terenach o skoncentrowanej produkcji szklarniowej. *Now. Warzyw.* 51, 29–34.

- Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A., 2013. Tendencje zmian zawartości wybranych składników mineralnych w wodach stosowanych do fertygacji warzyw uprawianych pod osłonami. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.* 2/1, 167–175.
- Treder J., Matysiak B., 1996. Uprawa roślin doniczkowych na stołach zalewowych. *Hasło Ogrod.* 9, 61.
- Treder J., Treder W., 2002. Nawadnianie róż. *Owoce Warzywa Kwiaty* 14, 29–31.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmirek-Tomaszewska R., Rolbiecki R., Rolbiecki S., 2013. Prognozowanie efektów nawadniania roślin na podstawie wybranych wskaźników suszy meteorologicznej i rolniczej. *Rocz. Ochr. Środ. (Ann. Set Environ. Prot.)* 15, 3, 2185–2203.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 19.11.2014