

NAWOZENIE SALATY ZA POMOCĄ NAWODNIEN KROPOWYCH I WGLĘBNYCH

Edward Pierzgalski, Jerzy Jeznach,
Maria Jeznach, Józef Mosiej

SGGW Warszawa

1. Wprowadzenie

Warunkiem wysokiej efektywności nawożenia na obszarach intensywnie użytkowanych jest prawidłowy układ stosunków wilgotnościowych i nawozowych w profilu glebowym. Optymalna wilgotność gleby sprzyja lepszemu wykorzystaniu składników pokarmowych przez rośliny, a wysoki poziom nawożenia zwiększa efektywność nawodnień. Jednocześnie przy nawodnieniach pojawia się niebezpieczeństwo zwiększenia infiltracji i ewentualnego wymywania składników mineralnych poza warstwę korzeniową gleby. Największym stratom może podlegać azot w formie azotanowej jako składnik nie sorbowany przez glebę, następnie potas, wolniej azot w formie amonowej, a najwolniej fosfor.

Przemieszczanie się nawozów w glebie lub po jej powierzchni oprócz strat ekonomicznych powoduje zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych. Szczególny udział w zanieczyszczeniu wód gruntowych mają nawozy azotowe.

Minimalizacja szkodliwego wpływu nawożenia jest możliwa m.in. poprzez zastosowanie technologii nawożenia polegającej na podawaniu z dużą częstotliwością małych dawek nawozeniowych dostosowanych do aktualnych potrzeb roślin.

Przy produkcji żywności bezpośrednio spożywanej jak warzywa, coraz większą uwagę poświęca się ich jakości spożywczej i biologicznej. Jednym z podstawowych kryteriów oceny jakości warzyw jest zawartość w nich azotanów i azotynów. Możliwości ich redukcji poszukuje się m.in. na drodze

odpowiedniego doboru genetycznego (Reinink 1991). Ocenia się także wpływ warunków środowiskowych na jakość warzyw (Reinink 1991).

W niniejszej pracy przedstawiono część wyników badań polowych prowadzonych w ramach grantu KBN pt. "Kropiowe i wglębne nawadnianie i nawożenie intensywnie uprawianych warzyw z uwzględnieniem ich jakości". Ich celem była ocena wpływu technologii nawadniania i nawożenia azotowego za pomocą nawodnień kropiowych i wglębnych na jakość sałaty przy minimalizacji zanieczyszczenia związkami azotowymi wód gruntowych.

2. Opis obiektu

Badania prowadzono na Poletku Katedry Melioracji Rolnych i Lesnych SGGW w Ursynowie. Właściwości fizyko-wodne gleb przedstawiono w tabeli 1. Rozkład temperatur powietrza i opadów atmosferycznych w okresie badań przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

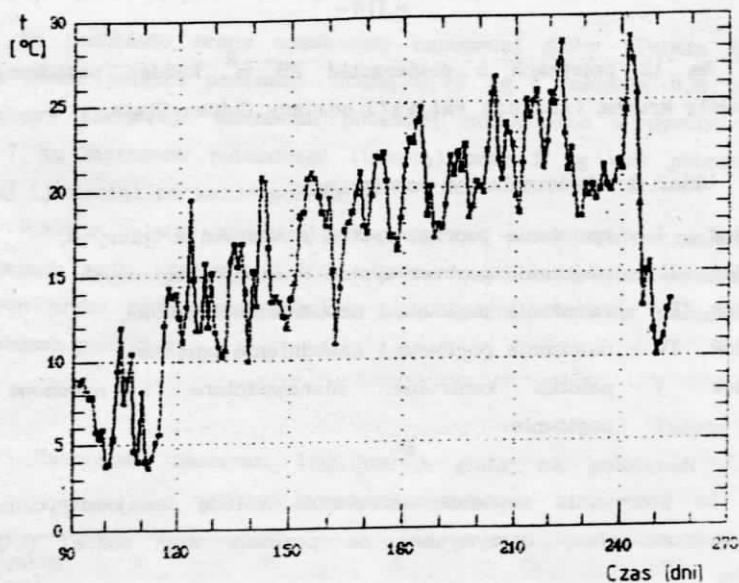
System nawadniający składał się z węzła kontrolno-regulującego i sieci przewodów. W węźle zainstalowano dozownik nawozów typu iniekcyjnego francuskiej firmy Dosatron o regulowanym natężeniu przepływu wody i stężeniu podawanych nawozów.

Za dozownikiem zamontowano filtr dyskowy (140 mesh) firmy Arkal oraz wodomierze i zawory.

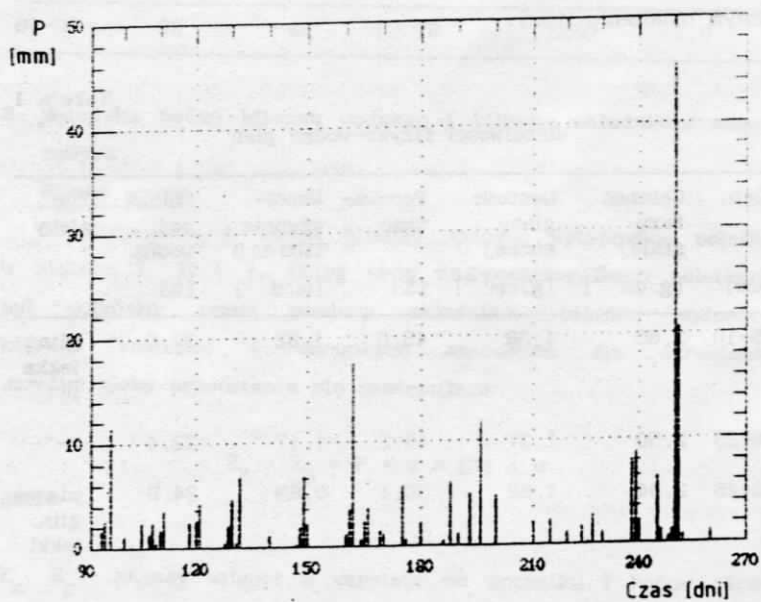
Sieć przewodów obejmowała podziemne przewody doprowadzające i przewody nawadniające.

Na poletkach nawadnianych kropiowo zainstalowano w rozstawie 1,0 m przewody nawadniające (linie kropiujące NAAN) o średnicy 16 mm z emiterami kompensacyjnymi o natężeniu wypływu $2,1 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ i rozstawie 0,5 m.

Perforowane przewody do nawodnień wglębnych o średnicy 8 mm założono na głębokości 0,45 m w rozstawie 1 m. Rozstawa otworów wynosiła 0,5 m, a natężenie wypływu wody z pojedynczego otworu $0,4 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$.



Rys. 1. Temperatura powietrza - Ursynów 1992



Rys. 2. Rozkład opadów atmosferycznych - Ursynów 1992

Na 12 poletkach o powierzchni 25 m² każde, posadzono sałatę kruchą (*Lactuca satival*) odmiany Golden State.

Układ doświadczenia był następujący:

- Blok I - nawożenie poprzez system nawodnień kroplowych,
- Blok II - nawożenie poprzez system nawodnień wgłębnych,
- Blok III - nawożenie pogłównie i nawodnienie kropłowe,
- Blok IV - nawożenie pogłównie i nawodnienie wgłębne,
- Blok V - poletka kontrolne, nienawadniane i nawożone pogłównie.

Do sterowania nawodnień stosowano metodę tensjometryczną. Wilgotność gleby utrzymywano na poziomie siły ssącej 0,02 MPa.

W trakcie eksploatacji stosowano zabiegi i metody zalecane do utrzymania systemu w pełnej sprawności (czyszczenie i wymiana filtra, płukanie instalacji wodą systematycznie i po każdym nawożeniu itp.).

Tabela 1

Właściwości fizyko-wodne gleb

Głęb. [cm]	Gęstość fazy stałej [g. cm ⁻³]	Gęstość gleby suchej [g. cm ⁻³]	Porowa- tość [%]	Współ- czynnik filtracji [m. d ⁻¹]	Polowa poj. wodna [%]	Typ gleby
5-10	2,50	1,36	45,6	1,82	32,0	glina lekka pyl.
20-25	2,50	1,37	45,2	1,17	22,4	-"
40-45	2,34	1,62	30,1	0,68	24,8	piasek glin. lekki
70-75	2,27	1,42	37,4	0,40	25,6	-"

Na podstawie oceny zasobności nawozowej gleby (Tabela 2) na każde poletko podawano wiosną 0,75 kg i jesienią 0,5 kg saletry amonowej. Nawożenie potasowe zastosowano w wysokości 1,7 kg siarczanu potasowego (wiosną) oraz 1 kg soli potasowej (jesienią) na każde poletko.

Roztwór saletry amonowej podawany był przez system nawadniającego przy stężeniu 1:100. Ilość dawek azotowych podawanych przez system nawadniającego była zróżnicowana na poszczególnych poletkach.

Tabela 2

Zasobność nawozowa [mg.dcm⁻³] gleby na poletkach przed wysadzeniem sałaty

Poziom [cm]	N	P	K	Ca	pH
0-30	25	59	90	1350	7,3
30-60	28	35	85	2150	7,5
60-90	32	43	78	1250	7,5

3. Metodyka badań bilansu wodnego i bilansu składników nawozowych

Bilans wodny

Do szczegółowych badań bilansu wodnego wytypowano poletka w blokach I, II i V. Obieg wody na poszczególnych poletkach był oceniany przez pomiary składników bilansu wodnego, którego równanie w warunkach nawodnień dla określonej warstwy gleby przedstawia się następująco:

$$Z_k - Z_p = P + d - ETr + q$$

gdzie:

Z_k, Z_p - zapasy wilgoci w warstwie na początku i końcu okresu bilansowego [mm],

P - opady atmosferyczne [mm],

- d - suma dawek polewowych w okresie bilansowym [mm],
- ETr - ewapotranspiracja rzeczywista [mm],
- q - wymiana wilgoci z warstwą przylegającą [mm]. Ujemna wartość q oznacza występowanie infiltracji, dodatnie q wskazuje na przemieszczenie się wilgoci w kierunku gleby wskutek podsiąku kapilarnego.

Wielkość poszczególnych składników bilansu wodnego określano metodą pomiarów bezpośrednich. Wielkość zapasów wilgoci określano do głębokości 60 cm co 5 dni metodą suszarkowo-wagową. Pomiarы ewapotranspiracji rzeczywistej prowadzono za pomocą 6 ewaporometrów glebowych o powierzchni przekroju poprzecznego 500 cm^2 i głębokości 30 cm. Ewaporometry napełniane były glebą z zachowaniem poziomów genetycznych i niektórych właściwości fizycznych. W każdym ewaporometrze była umieszczona jedna roślina sałaty. W trakcie napełniania ewaporometrów pobrano próbki gleby dla określenia właściwości fizycznych gleby oraz określono dokładnie wilgotność gleby w warstwach co 5 cm, a następnie obliczono średnią wilgotność w ewaporometrze. Jednocześnie określono ciężar pustego ewaporometru oraz ciężar napełnionego ewaporometru przy obliczonej średniej wilgotności monolitu glebowego. Ewaporometry w okresie wegetacji były systematycznie wazone w odstępach 5 dniowych. Na podstawie ciężaru ewaporometrów obliczano średnią wilgotność 0 - 30 cm monolitu glebowego. Na podstawie wilgotności gleby obliczano ilości wody potrzebne do nawodnienia każdego z ewaporometrów. W okresie wegetacji starano się podtrzymywać wilgotność w przedziale 60 - 100% /wariant 2/ i 80 - 100% /wariant 1/ polowej pojemności wodnej /PPW/. Oprócz ważenia ewaporometrów w czasie prowadzenia badań określano ilości wody odciekającej z ewaporometrów oraz mierzono wielkość biomasy. Oprócz pomiarów składników bilansu wodnego prowadzone były standardowe obserwacje meteorologiczne na stacji położonej obok Poletka.

Bilans składników nawozowych

W 7 stałych punktach zlokalizowanych na poletkach we wszystkich blokach układu doświadczenia pobierano próbki gleby (3 razy w ciągu wegetacji sałaty) z następujących warstw profilu glebowego: 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 i 50 - 60 cm. W próbkach oznaczano zawartość mineralnych form azotu $N-NO_3$ i $N-NH_4$ w 2 normalnym wyciągu KCl metodą destylacyjną.

W 5 stałych punktach zlokalizowanych w każdym bloku zainstalowano na głębokości 80 cm specjalne rynienki o powierzchni 1400 cm^2 do pomiaru ilości wody odciekającej z profilu glebowego. W pobranych i pomierzonych próbkach odcieku określano również zawartość mineralnych form azotu ($N-NO_3$, $N-NH_4$) metodą destylacyjną.

W metodyce badań bilansu wodnego i składników pokarmowych założono, że interpretacja wyników analiz chemicznych na tle przebiegu wilgotności gleby, warunków meteorologicznych, sposobów i terminów nawożenia oraz terminów i sposobów nawodnień umożliwi wstępną jakościową ocenę wpływu nawodnień na przemieszczanie się mineralnych związków azotu w głąb profilu gleby oraz pozwoli na ocenę ewentualnych strat składników nawozowych w wyniku ich wymywania poza ryzosferę.

4. Wyniki badań

Funkcjonowanie systemu nawadniającego

Podstawowym kryterium oceny funkcjonowania systemów mikronawodnień jest równomierność nawadniania, o której (przy stosowaniu emiterów z kompensacją ciśnienia) decyduje jakość wykonania (tzw. współczynnik fabryczny) i środowiskowe warunki eksploatacji.

Jakość wykonania emiterów kompensujących NAAN, mierzona jako współczynnik zmienności C_v , wynosiła 4,63%. Zgodnie z normami krajowymi i międzynarodowymi ISO emitery te można ocenić jako dobre.

W trakcie eksploatacji systemu nie stwierdzono zatykania emiterów i zmian natężenia wpływu.

Ocenę równomierności nawodnień kropłowych określono na podstawie badań testowych, w trakcie których wykonywano pomiar natężenia wypływu wody lub roztworu nawozów z każdego emitera. Następnie obliczono współczynnik równomierności Christiansena.

Średnie natężenie wydatku emiterów i odpowiadające im współczynniki równomierności C_u przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3.

Natężenie wydatku i współczynnik równomierności emiterów NAAN zainstalowanych na Poletku w Ursynowie przy nawadnianiu i nawożeniu.

Nr pola	Średnie natężenie wydatku q [$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]		Współczynnik C_u [%]	
	Nawadnianie	Nawożenie	Nawadnianie	Nawożenie
I	32,4	31,6	96,2	85,4
II	31,3	30,9	94,4	77,0
III	29,2	25,9	94,6	67,5
IV	28,8	26,1	96,5	78,5
System	30,4	28,6	90,1	77,2

Badania testowe wykazały, że natężenie wydatku emiterów kompensujących NAAN nie zmienia się w trakcie nawadniania i nawożenia. Natomiast współczynniki równomierności C_u są znacznie wyższe przy nawadnianiu.

Potwierdza to konieczność stosowania zabiegów i metod utrzymujących system w pełnej sprawności w warunkach podawania nawozów.

Bilans wodny i bilans składników nawozowych

Analiza dynamiki uwilgotnienia w warstwach 0-20 cm i 0-60 cm profilu glebowego wykazała, że zawartość wody w warstwie 0-20 cm jedynie przy nawodnieniu kropłowym nie obniżała się

poniżej 0.65 PPW, natomiast przy nawodnieniu wglębnym i bez nawodnienia od 20 maja do 10 czerwca kształtowała się na poziomie ok. 50% PPW (w okresie tym panowały wysokie temperatury). Przebieg dynamiki uwilgotnienia w wariancie z nawodnieniem wglębnym i bez nawodnienia był podobny, a otrzymane wartości były zbliżone zarówno w warstwie 0-20 cm jak i 0-60 cm.

Pomimo nawadniania odciek w okresie wegetacji salaty pojawiał się tylko w bloku I i IV. W sumie w okresie 25.05. - 29.06. 1992 r w bloku IV odciekło ok.10 mm, a w bloku I ok. 1 mm. Większe ilości odcieku zaobserwowano w okresie poza wegetacyjnym. Koncentracja $N-NO_3$ w odcieku w bloku IV w okresie wegetacji wahała się od 17,7 do 44 mg/l. Zawartość $N-NO_3$ w okresie poza wegetacyjnym na poszczególnych polotkach w odcieku pobranym 30.10.1992 r. wahała się od 34 (blok III) do 115 mg/l (blok IV) oraz od 44 (blok I) do 88 mg/l (blok IV) w odcieku pobranym w dn. 24.11.1992 r.

Pomiary ewapotranspiracji rzeczywistej salaty prowadzono w ciągu 50 dni od chwili posadzenia sadzonek do zbioru. Wyniki pomiarów ewapotranspiracji i bilans wodny ewaporometrów przedstawiono w tabeli.

Tabela 4
Zestawienie wskaźników bilansu wodnego ewaporometrów

Wskaźnik bilansu	wariant 1	wariant 2
	(0,8-1,0)PPW	(0,6-1,0)PPW
suma opadów P [mm]	47	47
suma dawek polewowych d [mm]	140	105
ewapotranspiracja ETr [mm]	197	161
zmiana zasobów retencji ΔR [mm]	-10	-9

Średniodobowa wielkość ewapotranspiracji rzeczywistej w okresie wegetacji wynosiła 3.2 - 3.8 mm. Maksymalne dobowe

zużycie wody w ostatnim 5 dniowym okresie wegetacji sałaty wynosiło 6,8 mm (wariant 1) i 5 mm (wariant 2).

Wstępna analiza zawartości azotu mineralnego wykazała niepokojąco wysoką zawartość $N-NO_3$ w warstwie 0 - 10 cm w bloku III (21,3 mg /100 g gleby) oraz w bloku V (11,9 mg/100g gleby). W blokach tych stosowano posypowy system nawożenia.

Jakość sałaty

Jakość sałaty oceniono na podstawie wagi poszczególnych główek sałaty, ich wyglądu oraz zawartości azotanów, azotynów i witaminy C. Szczegółową metodykę badań przedstawiono w pracy Jeznach i in. 1992.

Uprawa wiosenna. Sałata krucha w uprawie wiosennej nawadnianej kropiowo w 27,7% nie osiągnęła minimalnej masy 300 g, przez co w ocenie była poza wyborem. Dla sałaty nawadnianej wgłębnie tylko 5,6% było poza wyborem, a na poletkach kontrolnych 3,8% (Tabela 5).

Na poletkach nawadnianych kropiowo uzyskano głównie sałatę mniejszą (w przedziale wagowym 300-500 i 501-750 g), co pogarsza ocenę jakościową. Najniższą ocenę uzyskała sałata w bloku III, w którym nawożono sałatę posypowo. Zastosowanie jednoczesnego nawadniania wraz z pożywką korzystniej wpływa na jakość sałaty.

Natomiast na poletkach nawadnianych wgłębnie uzyskano zdecydowanie większą sałatę. Znajdowała się ona głównie w przedziale wag 501-750 i 751-1000 g. Znaczna jej ilość (13%) osiągnęła wagę ponad 1000 g (głównie w bloku IV).

Na poletkach kontrolnych uzyskano sałaty o podobnym rozkładzie wag w przedziałach jak dla sałaty nawadnianej wgłębnie. Jednak sałatę z tych poletek charakteryzował najlepszy procent zawiązanych główek bo aż ponad 98. Najmniej główek zawiązała sałata na poletkach nawadnianych kropiowo. Wprawdzie nie jest to cecha absolutnie wymagana, ale wysoce pożądana. Sałata krucha wiążąca główki jest jędrniejsza, smaczniejsza i ocena organoleptyczna jest wysoka. Sałata bez

główki, posiadająca wysoką jednostkową masę jest zbyt twarda i gorzkawa w smaku. Największą średnią masę osiągnęły główki na poletkach nawadnianych włącznie.

W laboratoryjnej ocenie jakości pozyskanej sałaty kruchej posłużono się oceną zawartości azotanów i azotynów oraz witaminy C (Tabela 6).

Zawartość azotanów w ocenianych próbach była dość zróżnicowana, choć tylko na trzech poletkach przekroczyła dopuszczalny limit 2000 mg/kg świeżej masy uzgodniony przez Ministerstwo Zdrowia. Miało to miejsce w bloku III, które były nawadniane kropłowo i nawozone azotem posypowo. Nie wiele przekroczyła limit zawartości azotanów sałaty w bloku II. Wykryto również zawartość azotynów (blok III). W pozostałych próbach zauważono znaczące obniżenie ilości azotanów w porównaniu z danymi literaturowymi, szczególnie przy stosowaniu systemów nawadniających. Sałata z poletek kontrolnych, wprawdzie nie przekroczyła granicznych wielkości, ale bardzo się do niego zbliżyła. Daje to podstawy sądzić, że zastosowanie systemu nawadniającego może znacząco przyczynić się do obniżenia zawartości azotanów i azotynów.

Tabela 5

Jakość plonu sałaty kruchej (zbiór wiosenny)

Nr bloku	Ilość dawek nawozów	Masa sałaty [g]					Średnia masa sałaty [g]
		<300	300-500	501-750	751-1000	>1000	
I	4	22.0	42.4	35.6	0	0	438
	8	17.8	26.7	40.0	13.3	2.2	542
II	2	2.0	15.7	56.9	21.6	3.8	649
	4	7.0	19.3	35.1	29.8	8.8	675
III	2	34.7	38.8	20.4	6.1	0	403
	2	36.7	34.7	18.4	8.1	2.1	429
IV	2	1.8	14.0	36.8	31.6	15.8	767
	2	12.0	12.0	26.0	26.0	24.0	734
V	2	3.8	17.1	35.3	32.4	11.4	711

Tabela 6

Zawartość azotanów i azotynów oraz witaminy C
w sałacie kruchej (zbiór wiosenny)

Nr bloku	Ilość dawek nawozów	Azotany KNO_3 [mg. kg^{-1}]	Azotyny NaNO_2 [mg. kg^{-1}]	Witamina C [mg. 100g^{-1}]
I	4	1428.38	brak	12.8
	8	1318.50	brak	7.7
II	2	2234.13	brak	11.2
	4	1373.44	brak	11.4
III	2	2926.36	2.5	8.6
IV	2	1465.00	śląd	6.5
V	2	1849.56	brak	8.5

Zbiór jesienny. Na poletkach nawadnianych zarówno za pomocą systemu kropłowego jak i włąębnie uzyskano sałatę dużą, plasującą się w najwyższym przedziale wagowym (Tabela 7). Masa główki była wysoka i dochodziła średnio do ponad 700 g dla sałaty z bloku I. Wysoki był również procent zawiązanych główek. Jedynie sałata z poletek kontrolnych (nienawadnianych) była gorsza jakościowo plasując się w niższych klasach wagowych oraz osiągając nieco niższą masę średnią główki. Niższy był również procent zawiązanych główek.

W laboratoryjnej ocenie jakości oznaczono zawartość azotanów i azotynów oraz witaminy C. Dane przedstawiono w tabeli 8.

Zawartość azotanów w ocenianych próbkach była bardzo zróżnicowana. Najniższa zawartość była w bloku I, która nie była nawazona azotowo, gdyż zawartość tego pierwiastka w glebie odpowiadała zapotrzebowaniu. Sałata na tym poletku wykazywała zadawalającą jakość (nie odbiegającą od innych), choć przy nieco mniejszej średniej wielkości główki 481 g). Rewelacyjnie niska była natomiast zawartość azotanów i azotynów.

Salata z bloku I i II nie przekroczyła limitu zawartości azotanów. na tych poletkach nawozy azotowe podawano poprzez system nawadniający. Sprzyja to lepszemu wykorzystaniu azotu i wbudowaniu tego pierwiastka w masę organiczną.

W pozostałych próbach przekroczony został limit. Szczególnie dużo azotanów zgromadziła salata z poletek kontrolnych, nienawadnianych. Niedobór tego czynnika dodatkowo uniemożliwił wykorzystanie dostarczonego azotu. Salata z tych poletek była mniejsza, gorzej zawiązała główki, przez co i jej ocena organoleptyczna była gorsza.

Tabela 7

Jakość plonu salaty kruchej (zbiór jesienny)

Nr bloku	Ilość dawek nawozów	Masa salaty [g]					Średnia masa salaty. [g]
		<200	200-	301-300	401-400	>500500	
I	0	4.3	21.3	14.9	19.1	40.4	481
	2	2.2	6.7	13.3	11.1	66.7	707
II	3	2.0	4.1	24.5	18.4	51.0	543
	3	2.2	2.2	8.7	15.2	71.7	672
III	1	15.2	2.1	8.7	19.7	54.3 a	544
	1	4.0	10.0	6.0	12.0	68.0	670
IV	2	15.7	7.8	5.9	11.8	58.8	548
	2	14.3	26.2	11.9	11.9	35.7	441
V	2	0	14.3	19.0	16.7	50.0	519
	2	23.7	13.2	18.4	10.5	34.2	478

Zawartość azotanów i azotynów oraz witaminy C
w sałacie kruchej (zbior jesienny)

Nr bloku	Ilość dawek nawozow	Azotany KNO_3 [mg. kg ⁻¹]	Azotyny NaNO_2 [mg. kg ⁻¹]	Witamina C [mg. 100g ⁻¹]
I	0	228.91	śląd	6.8
	2	1884.36	1.25	6.5
II	3	1976.29	1.0	9.2
	3	2944.65	2.5	7.8
III	1	2413.59	2.5	5.5
	1	3605.37	1.5	10.7
IV	2	4559.81	śląd	11.7
	2	4649.76	1.15	10.8
V	2	5034.47	1.0	7.2

5. Wnioski

1. Podstawowym warunkiem sprawnego funkcjonowania systemów mikronawodnień jest przestrzeganie zasad eksploatacji ustalonych dla danego typu nawodnień.
2. Ograniczenie niebezpieczeństwa wymywania mineralnych związków azotu poza warstwę korzeniową, a tym samym zmniejszenie zanieczyszczenia wód gruntowych jest możliwe przy stosowaniu technologii nawożenia poprzez system nawadniający przy uwzględnieniu aktualnych potrzeb nawozowych roślin i zasobności nawozowej gleby.
3. Na podstawie badań stwierdzono znacznie wyższą jakość sałaty nawożonej poprzez system nawadniający w porównaniu do sałaty nawożonej posypowo.

Literatura

1. Fanderejewska M., Grzonka M., Jakubczak M., Jeznach M., Swietlikowska U.: Surowce spożywcze. Wyd. SGGW-AR, W-wa 1990.
2. Jeznach J., Pierzgalski E.: Nawożenie za pomocą sieci nawadniającej. W zbiorze: Współczesne problemy melioracji. Maszynopis KMRIL, SGGW, Warszawa 1991.
3. Reinink K., 1991: Genetics of nitrate content of lettuce, 1: Analysis of generation means. Euphytica 54; 11-18.
4. Reinink K., 1991: Genotype-environment interaction for nitrate concentration in lettuce, Plant Breeding 107; p.39-49.
5. Reinink K., 1993: Genetics of nitrate accumulation in lettuce, Wageningen.
6. Toxicological Evaluation of Certain Food Additives with a Review of General Principles and of Specifications 17th Report, General WHO 1974.