

WPLYW FORMY AZOTU NAWOZOWEGO,  
DOKARMIANIA DOLISTNEGO I MIEJSCA UPRAWY NA PLONOWANIE  
I JAKOŚĆ SAŁATY

*Iwona Kowalska, Włodzimierz Sady, Anna Szura*

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków  
e-mail: rokowals@cyf-kr.edu.pl

**Streszczenie.** W doświadczeniu badano wpływ formy azotu nawozowego (azotanowa lub azotanowo-amonowa), dokarmiania dolistnego (kontrola, molibden lub mocznik + molibden) oraz miejsca uprawy na plonowanie i wartość odżywczą sałaty uprawianej na wełnie mineralnej. Miejscem uprawy sałaty był tunel foliowy podzielony na dwie części pokryte folią o różnej przepuszczalności światła PAR. Rośliny uprawiano w dwóch sezonach tj. w sezonie wiosennym i letnio-jesiennym. Spośród badanych czynników doświadczenia największy wpływ na plonowanie oraz jakość sałaty miało miejsce uprawy roślin. Rośliny uprawiane w części tunelu (II część) pokrytej folią o większej przepuszczalności światła wytworzyły istotnie większą masę. Najniższą zawartością azotanów charakteryzowały się rośliny uprawiane na pożywce azotanowo-amonowej w II części tunelu. Uprawa na pożywce azotanowo-amonowej wpłynęła na uzyskanie roślin o mniejszej zawartości azotu ogółem w sezonie wiosennym i niższej zawartości witaminy C w sezonie jesiennym. W żadnym z sezonów uprawy nie wykazano wpływu dokarmiania dolistnego na badane parametry jakości i plonowania sałaty.

Słowa kluczowe: sałata, forma azotu nawozowego, nawożenie dolistne, azotany

#### WSTĘP

Wartość biologiczna warzyw jest pojęciem kompleksowym obejmującym ich wartość odżywczą (zawartość witamin, składników mineralnych, białek i cukrów), walory smakowe oraz związki mogące być szkodliwe dla zdrowia konsumenta, np. azotany. Zawartość azotanów w warzywach zależy od szeregu czynników, wśród których znaczący udział ma czynnik nawozowy oraz okres uprawy. Czynnik nawozowy wpływający na poziom azotanów to przede wszystkim wielkość dawki nawozu azotowego, forma azotu, termin i sposób stosowania nawozu

azotowego oraz zrównoważone nawożenie pozostałymi makro i mikrośkładnikami. Wiele opracowań wskazuje, że formy zredukowane azotu w porównaniu z formą azotanową powodują obniżenie zawartości azotanów w warzywach, co wynika z możliwości bezpośredniego wbudowywania pobranej formy azotu w organiczne związki. Równie pozytywne efekty w obniżaniu zawartości azotanów uzyskano stosując nawożenie azotanowo-amonowe. Jak podaje Sady i in. [15] obecność w środowisku korzeniowym roślin obu form azotu wpłynęła na 2-krotnie wyższą aktywność reduktazy azotanowej w porównaniu do roślin uprawianych wyłącznie na pożywcze azotanowej. Wynika to najprawdopodobniej z indukowania w obecności jonów azotanowych i amonowych dodatkowej izoformy  $NR_3$  reduktazy azotanowej, która współpracuje razem z indukowanymi wyłącznie przez azotany izoformami  $NR_1$  i  $NR_2$  [13].

Wyniki badań nad wpływem dokarmiania dolistnego na ograniczenie zawartości azotanów są niejednoznaczne. Korzystny wpływ dokarmiania dolistnego na obniżenie zawartości azotanów wykazała między innymi Kowalska [4] w uprawie sałaty i Mareczek i in. [6] w uprawie dyni. Z kolei w doświadczeniu Sady i in. [16] nawożenie dolistne mocznikiem i Supervitem wpłynęło na wzrost zawartości azotanów w korzeniach marchwi w porównaniu do obiektów niedokarmianych.

Zarówno niska intensywność światła, jak i krótki dzień powodują wzrost zawartości azotanów w roślinach. Związane jest to z wpływem światła na aktywność reduktazy azotanowej oraz fotosyntezy. Światło wpływając na intensywność fotosyntetyczną przyczynia się do wzrostu syntezy szkieletów węglowych niezbędnych do asymilacji zredukowanych form azotu oraz jest głównym czynnikiem regulującym aktywność reduktazy azotanowej i azotynowej. Wpływ światła na akumulację azotanów potwierdziły badania [1,11].

#### MATERIAŁ I METODY

Uprawę sałaty prowadzono w dwóch sezonach, tj. w sezonie wiosennym i letnio-jesiennym. Rośliny uprawiano na matach wełny mineralnej umieszczonych w rynnach uprawowych. Rynny uprawowe (podparte) znajdowały się na wysokości 50 cm od gruntu. Fertygację prowadzono w systemie bez recyrkulacji pożywki. Dozowanie pożywki odbywało się za pomocą mieszalnika nawozowego.

Nasiona sałaty odm. Melodion wysiewano do cylindrów uprawowych średnicy 5 cm wypełnionych substratem torfowym. W fazie 4 liści właściwych rośliny ustawiano na rynnach uprawowych po 3 sztuki na macie. We wszystkich sezonach uprawy rośliny zasilano pożywką o składzie ( $mg\ dm^{-3}$ ) N-150, P-50, K-200, Ca-150, Mg-30. Pożywkę przygotowywano z nawozów pojedynczych i dwuskładnikowych. Mikroelementy wprowadzono w postaci nawozu Pionier Mikro w ilości 7,5 ml na  $100\ dm^3$  pożywki.

Uprawę sałaty prowadzono w tunelu foliowym pokrytym dwoma rodzajami folii. Pierwsza część tunelu (część I) pokryta była folią Ginegar, natomiast druga (część II) folią Gemme 4S. Folie różniły się stopniem przepuszczalności światła (odpowiednio 86% i 90% folia Ginegar i Gemme 4S) i rozproszenia światła (odpowiednio 58% i 15%). Ponadto folia Gemme przepuszczała średnio (dzień pochmurny lub słoneczny) 30% więcej promieniowania PAR w porównaniu do foli Ginegar. W każdej części tunelu znajdowały się po dwa niezależne zestawy rynien uprawowych zasilane pożywką o zróżnicowanych formach azotu tj. pożywką sporządzoną z udziałem formy azotanowej (100% N-NO<sub>3</sub>) i pożywką sporządzoną na bazie nawozów azotanowo-amonowych (57% N-NO<sub>3</sub> + 43% N-NH<sub>4</sub>). W skład każdego zestawu wchodziły 3 rynny uprawowe, które stanowiły zarazem powtórzenia. Każdą rynną uprawową podzielono na 3 części po 9 roślin. W obrębie danej części dodatkowo rośliny zasilano dolistnie stosując następujące roztwory:

1. Kontrola – bez dokarmiania dolistnego
2. Roztwór molibdenu o stężeniu 1 ppm
3. Roztwór mocznika (1%) i molibdenu (1 ppm).

Dokarmianie dolistne przeprowadzono w każdym sezonie 3-krotnie, w odstępach 7-10 dniowych. Roztwory dozowano za pomocą ręcznego opryskiwacza do momentu całkowitego zwilżenia roślin.

W uzyskanym plonie oznaczano zawartość suchej masy metodą suszarkową w temperaturze 105°C, azotanów i formy amonowej metodą jonometryczną po uprzedniej ekstrakcji siarczanem glinu, azot ogółem metodą Kjeldahla, cukry rozpuszczalne metodą antronową [18] oraz witaminę C według Polskiej Normy (PN-A-04019).

Uzyskane wyniki poddano trzyczynnikowej analizie wariancji przyjmując jako czynniki doświadczenia:

1. miejsce uprawy (rodzaj folii pokrywającej tunel)
2. forma azotu nawozowego
3. rodzaj roztworu użytego w dokarmianiu dolistnym.

Istotność różnic pomiędzy średnimi analizowano testem rozstępu Scheffe's [17] i deklarowano przy  $p = 0,05$ .

## WYNIKI

Plon, masę pojedynczej główki oraz zawartość suchej masy, azotu ogólnego, azotanów, formy amonowej, cukrów oraz witaminy C w liściach sałaty przedstawiono w tabelach 1 i 2. Plon sałaty w sezonie wiosennym kształtował się na poziomie od 3556 do 4175 g·m<sup>-2</sup>, a w sezonie jesiennym od 2561 do 3834 g·m<sup>-2</sup> (rys. 1 i 2). W obu sezonach na wielkość plonu wpłynęło jedynie miejsce uprawy. W II części tunelu (pokryta folią Gemme) uzyskano plon wyższy o 10,7% i 13,7% odpowiednio w sezonie wiosennym i jesiennym w stosunku do plonu z I części

**Tabela 1.** Wpływ miejsca uprawy, formy azotu nawozowego oraz dokarmiania dolistnego na plonowanie i zawartości wybranych składników w sałacie uprawianej w sezonie wiosennym

**Table 1.** Effect of growing place, nitrogen form and foliar nutrition on yield and content of selected nutrients in lettuce grown in the spring season

Parametry Parameters	Miejsce Place		Forma azotu Nitrogen form		Dokarmianie Foliar nutrition			Miejsca Place	NIR <sub>0.05</sub> , LSD <sub>0.05</sub>		
	I*	II	NO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub>	1**	2	3		Formy azotu Nitrogen form	Dokar- mianie Foliar nutrition	Interak- cja Inter- action
Plon – Yield (g·m <sup>-2</sup> )	3681	4123	3922	3881	3790	3935	3981	188,9	n.s.	n.s.	n.s.
Masa główki Head weight (g)	245	275	262	259	252	262	265	12,6	n.s.	n.s.	n.s.
Sucha masa Dry matter (%)	6,33	6,59	6,38	6,54	6,47	6,49	6,38	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Azotany (mg·kg <sup>-1</sup> św. m.) Nitrates (mg·kg <sup>-1</sup> f. m.)	359	186	332	212	246	280	303	44,3	44,3	n.s.	n.s.
NH <sub>4</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> św. m.) NH <sub>4</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> f. m.)	188	67	122	133	126	134	122	12,1	n.s.	n.s.	n.s.
N (% s.m.) N (% of d. m.)	3,58	3,23	3,50	3,32	3,30	3,43	3,48	0,137	0,137	n.s.	n.s.
Cukry (% św. m.) Soluble sugars (% of f.m.)	1,24	1,55	1,37	1,42	1,37	1,42	1,41	0,121	n.s.	n.s.	n.s.
Wit. C (mg·100 g <sup>-1</sup> św. m.) Vit. C (mg 100 g <sup>-1</sup> of f. m.)	16,35	21,88	18,47	19,76	19,56	19,3 2	18,46	1,390	n.s.	n.s.	n.s.

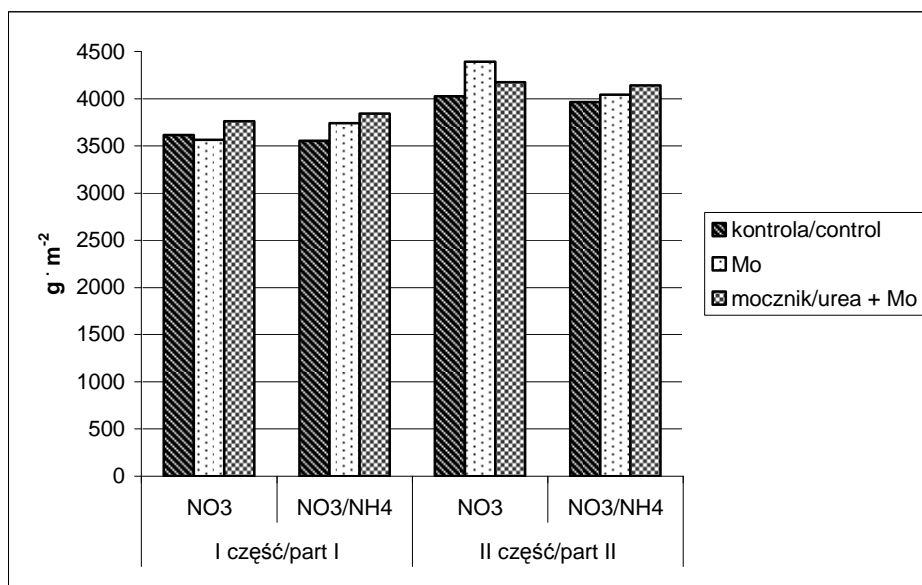
\*I – I część tunelu, II – II część tunelu / I – tunnel I part, II – tunnel II part, \*\*1 – kontrola / control, 2 – Mo, 3 – CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> + Mo, n.s. – różnice nieistotne / non-significant.

**Tabela 2.** Wpływ miejsca uprawy, formy azotu nawozowego oraz dokarmiania dolistnego na plonowanie i zawartości wybranych składników w sałacie uprawianej w sezonie letnio-jesiennym

**Table 2.** Effect of growing place, nitrogen form and foliar nutrition on yield and content of selected nutrients in lettuce grown in the summer-autumn season

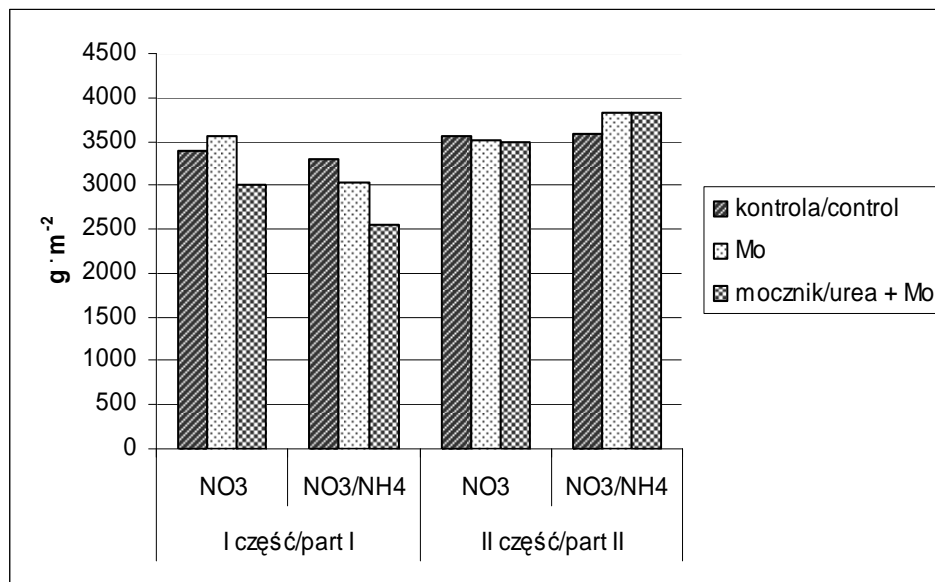
Parametry Parameters	Miejsce Place		Forma azotu Nitrogen form		Dokarmianie Foliar nutrition			Miejsca Place	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		
	I	II	NO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> / NH <sub>4</sub>	1	2	3		Formy azotu Nitrogen form	Dokar- mianie Foliar nutrition	Interak- cja Inter- action
Plon – Yield (g·m <sup>-2</sup> )	3139	3639	3429	3358	3460	3485	3222	207,6	n.s.	n.s.	n.s.
Masa główki Head weight (g)	209	243	228	224	231	232	215	13,8	n.s.	n.s.	n.s.
Sucha masa Dry matter (%)	6,14	6,20	6,07	6,28	6,27	6,06	6,18	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Azotany (mg·kg <sup>-1</sup> św. m.) Nitrates (mg kg <sup>-1</sup> of f. m.)	1663	1498	1899	1262	1502	1690	1550	155,2	366,2	n.s.	n.s.
NH <sub>4</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> św. m.) NH <sub>4</sub> (mg kg <sup>-1</sup> of f. m.)	196	175	185	186	182	187	186	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N (% s. m.) N (% of d. m.)	4,17	3,81	4,14	3,82	3,74	3,88	4,30	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cukry (% św. m.) Soluble sugars (% of f. m.)	0,83	1,08	0,94	0,98	0,96	0,97	0,95	0,100	n.s.	n.s.	n.s.
Wit. (C mg·100 g <sup>-1</sup> św. m.) Vit. C (mg 100 g <sup>-1</sup> of f. m.)	21,89	19,11	22,06	18,95	20,28	20,04	21,19	n.s.	2,980	n.s.	n.s.

Objaśnienia jak w tabeli 1 – note: see Table 1.



**Rys. 1.** Plon sałaty uprawianej w sezonie wiosennym

**Fig. 1.** Yield of lettuce grown in the spring season



**Rys. 2.** Plon sałaty uprawianej w sezonie letnio-jesiennym

**Fig. 2.** Yield of lettuce grown in the summer-autumn season

tunelu (pokryta folią Gineger). Podobnie masa pojedynczej główki sałaty zależała statystycznie istotnie jedynie od miejsca uprawy. Znacznie wyższą masę pojedynczej główki wytworzyły rośliny uprawiane w II części tunelu (275 g i 243 g odpowiednio w sezonie wiosennym i jesiennym) w porównaniu do roślin wyprodukowanych w I części tunelu (245 g i 209 g). Forma azotu nawozowego oraz dokarmianie dolistne nie wpłynęło istotnie na masę główki sałaty oraz wielkość plonu. Zaznaczyła się jedynie tendencja w obu sezonach uprawy do wyższego plonowania roślin zasilanych pożywką azotanową w porównaniu do roślin odżywianych formą azotanowo-amonową.

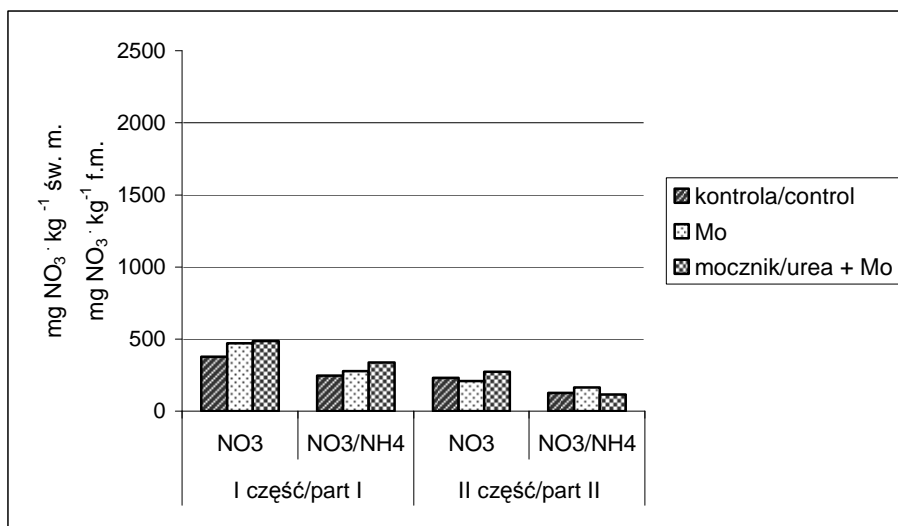
W obydwu sezonach uprawy nie wykazano istotnego wpływu badanych czynników na zawartość suchej masy. Większe zróżnicowanie zawartości suchej masy wynikało z sezonu uprawy. Rośliny uprawiane w sezonie wiosennym zawierały od 6,33 do 6,59% s.m., podczas gdy rośliny uprawiane w sezonie jesiennym 6,06-6,28% s.m..

Zawartość azotanów w sałacie uprawianej w sezonie wiosennym kształtowała się w zakresie od 115 do 486  $\text{NO}_3^-$   $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy, podczas gdy w sezonie jesiennym była na wielokrotnie wyższym poziomie, tj. od 962 do 2163  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy (rys. 3 i 4). W obu sezonach zawartość azotanów była istotnie zróżnicowana w zależności od miejsca uprawy oraz formy azotu nawozowego. Rośliny uprawiane w II części tunelu gromadziły niższą ilość azotanów w porównaniu do roślin z I części tunelu. Włączenie do pożywki zredukowanych form azotu wpłynęło na znaczne obniżenie zawartości azotanów (212 i 1262  $\text{mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$  św. m. odpowiednio w sezonie wiosennym i jesiennym), w porównaniu do obiektów zasilanych pożywką azotanową (332 i 1899  $\text{mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$  św. m.). Dokarmianie dolistne w żadnym z sezonów nie miało istotnego wpływu na zawartość azotanów w liściach sałaty.

Zawartość formy amonowej w roślinach, w sezonie wiosennym zależała jedynie od miejsca uprawy. Istotnie niższą zawartością tego składnika charakteryzowały się rośliny uprawiane w II części tunelu – średnio 67  $\text{mg NH}_4\cdot\text{kg}^{-1}$  św. m., podczas, gdy w I części tunelu rośliny zawierały średnio 188  $\text{mg NH}_4\cdot\text{kg}^{-1}$  św. m. Z kolei w sezonie jesiennym we wszystkich obiektach sałata zawierała podobne ilości  $\text{NH}_4$ , tj. od 175-196  $\text{mg NH}_4\cdot\text{kg}^{-1}$  św. m. Nie wykazano w tym sezonie uprawy istotnego wpływu badanych czynników na zawartość  $\text{NH}_4$  w liściach sałaty.

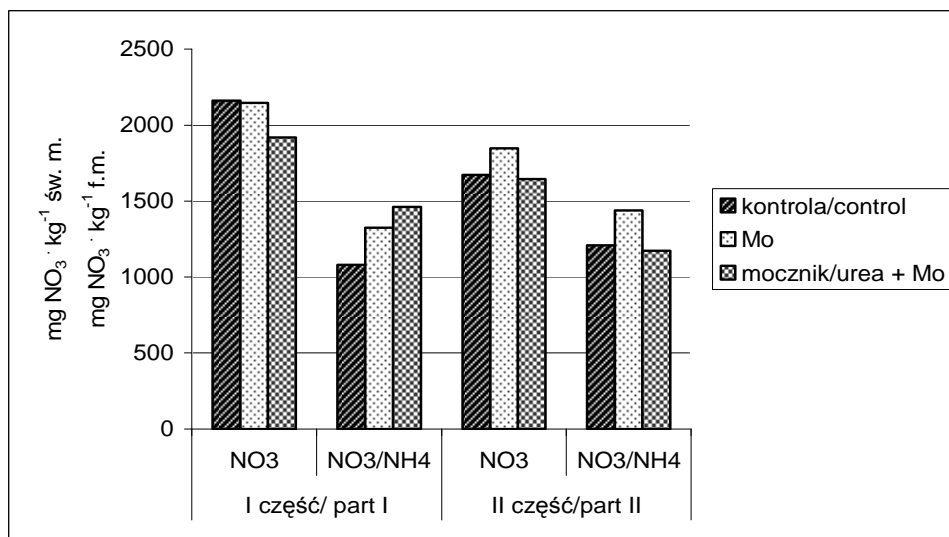
Zawartość azotu ogółem w liściach sałaty, w sezonie wiosennym była w zakresie 3,23-3,58% N w s.m., przy średniej zawartości 3,41% N. W sałacie pochodzącej z uprawy jesiennej oznaczono wyższe zawartości tego składnika, tj. od 3,74 do 4,3%, przy średniej zawartości 4%. Obserwowano przy tym wyższą zawartość N w roślinach uprawianych w I części tunelu w porównaniu z roślinami z II części tunelu. Jednakże wpływ ten udowodniono statystycznie jedynie w wiosennym sezonie uprawy. W sezonie tym zawartość N ogólnego zależała także istotnie od formy azotu nawozowego; wyższą zawartość tego składnika oznaczo-

no w sałacie uprawianej na pożywce azotanowej (3,5% N) niż na azotanowo-amonowej (3,32% N). Podobną zależność obserwowano w sezonie jesiennym, jednakże różnic tych nie udowodniono statystycznie. W żadnym z sezonów uprawy dokarmianie dolistne nie miało wpływu na zawartość N ogółem.



**Rys. 3.** Zawartość azotanów w sałacie uprawianej w sezonie wiosennym

**Fig. 3.** Nitrate content in lettuce grown in the spring season



**Rys. 4.** Zawartość azotanów w sałacie uprawianej w sezonie letnio-jesiennym

**Fig. 4.** Nitrate content in lettuce grown in the summer-autumn season



W obydwu sezonach uprawy obserwowano wyraźny wpływ miejsca uprawy na zawartość cukrów w liściach sałaty. Istotnie wyższą zawartością cukrów charakteryzowały się rośliny uprawiane w II części tunelu (1,55% i 1,08% św. m. odpowiednio w sezonie wiosennym i jesiennym) w porównaniu z sałatą uprawianą w I części tunelu (odpowiednio 1,24 i 0,83%). Pozostałe czynniki doświadczenia, tj forma azotu nawozowego i dokarmianie dolistne nie miały wpływu na ilość tego składnika.

Zawartość witaminy C w sezonie wiosennym kształtowała się w zakresie 14,35-19,76 mg·100 g<sup>-1</sup>, podczas gdy w sezonie jesiennym była wyższa i wynosiła od 18,9 do 22,06 mg·100 g<sup>-1</sup>. Wpływ badanych czynników na zawartość witaminy C kształtował się nieco odmiennie w sezonach uprawy. W sezonie wiosennym miejsce uprawy, a w sezonie jesiennym forma azotu nawozowego miały istotny wpływ na zawartość tego parametru. Wpływu pozostałych badanych czynników na zawartość witaminy C nie udowodniono statystycznie. W sezonie wiosennym wyższą zawartością witaminy C charakteryzowały się rośliny uprawiane w II części tunelu – 21,88 podczas, gdy rośliny rosnące w I części zawierały średnio 16,33 mg·100 g<sup>-1</sup>. W uprawie jesiennej na zawartość witaminy C miała wpływ jedynie forma azotu nawozowego. Rośliny odżywiane formą azotanową zawierały średnio 22,06 mg·100 g<sup>-1</sup> witaminy C, podczas gdy nawożone formą azotanowo-amonową 18,98 mg·100 g<sup>-1</sup>.

## DYSKUSJA

Przedstawione wyniki badań wskazują, że ze wszystkich badanych czynników doświadczenia największy wpływ na plonowanie oraz jakość sałaty miało miejsce powadzenia uprawy.

W obydwu sezonach uprawy masa główki oraz wielkość uzyskanego plonu z m<sup>2</sup> zależała od miejsca uprawy (I lub II część tunelu). Wpływ pozostałych czynników doświadczenia był statystycznie nieistotny. Wyższy plon oraz masę pojedynczej główki sałaty w obu sezonach uprawy uzyskano z uprawy w II części tunelu. Powodem takiej zależności była różnica w ilości światła docierającego do roślin w poszczególnych częściach tunelu. Część I i II tunelu w wyniku zastosowania różnych pokryć foliowych tj. folii Ginegar i Gemme różniły się przepuszczalnością promieniowania PAR. Średnio folia Gemme (II część tunelu) przepuszczała o 30% więcej promieniowania PAR w porównaniu do folii Ginegar. Światło jest podstawowym czynnikiem warunkującym przebieg procesu fotosyntezy, a zarazem zapoczątkowuje złożone procesy metaboliczne w roślinie, wynikiem których jest między innymi przyrost masy rośliny. Wpływ światła na wielkość masy wegetatywnej ujawnił się także w plonowaniu roślin w poszczególnych sezonach uprawy. Między innymi Escobar-Gutierrez i in. [2] zwracają uwagę na wyższe plonowanie sałaty w sezonie wiosennym w porównaniu do sezonu jesiennego, czego przyczyną są lepsze warunki świetlne panujące w tym okresie.

W literaturze zwraca się także uwagę na wpływ dokarmiania dolistnego, w tym mocznikiem, na plonowanie roślin. Korzystny wpływ mocznika wprowadzanego drogą dolistną na wielkość plonu roślin może wynikać z łatwego wbudowywania zredukowanej formy azotu do związków organicznych rośliny bez potrzeby zużycia dodatkowej energii na procesy asymilacji, jak to się dzieje w przypadku odżywiania azotanową formą azotu, co w konsekwencji prowadzi do przyrostu masy wegetatywnej. Jednakże w niniejszych badaniach w żadnym z sezonów uprawy nie wykazano statystycznie istotnego wpływu dokarmiania dolistnego mocznikiem na plonowanie roślin, pomimo, że zaznacza się wyraźna tendencja do najwyższego plonowania roślin w tych obiektach. Przyczyną braku istotnego zróżnicowania mogło być niższe stężenie cieczy roboczej i mniejsza liczba dokarmień w porównaniu z badaniami innych autorów [6,16].

Nie wykazano także wpływu formy azotu nawozowego (forma azotanowa i azotanowo-amonowa) na plon i masę pojedynczej główki. Podobny brak zróżnicowania w plonie sałaty nawożonej azotanową i zredukowanymi formami azotu wykazał Richardson i Hardgrave [10], Sady i in. [14] w uprawie hydroponicznej sałaty oraz Kowalska [3] w uprawie pomidora.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na istotne zróżnicowanie zawartości azotanów w liściach sałaty zarówno w zależności od miejsca uprawy, jak i formy azotu nawozowego. W wielu pracach podkreśla się wpływ warunków świetlnych na poziom azotanów. Zarówno niska intensywność światła, jak i krótki dzień powodują wzrost zawartości azotanów w roślinach [1,11]. Związane jest to z wpływem światła na aktywność reduktazy azotanowej oraz na syntezę szkieletów węglowych niezbędnych do asymilacji zredukowanej formy azotu. Różnice w warunkach świetlnych panujących w poszczególnych częściach tunelu prezentowanego doświadczenia wydają się być przyczyną uzyskania zróżnicowanych zawartości azotanów w sałacie. Ponadto Dapigny i in. [1] podkreślają dodatnią korelację pomiędzy zawartością azotanów i wody w roślinach. Wynika to z wpływu azotanów na potencjał osmotyczny komórek. Zwiększonej akumulacji azotanów w wakuolach komórek towarzyszy wzrost objętości wakuoli, spowodowany większą akumulacją wody. W obecnym doświadczeniu nie obserwowano zależności pomiędzy zawartością azotanów a gromadzeniem wody w komórkach sałaty, czego wyrazem była względnie stała zawartość suchej masy roślin we wszystkich obiektach.

W cyklu wiosennym w sałacie uzyskano (6-krotnie) niższą zawartość azotanów w porównaniu do uprawy jesiennej. Podobnie Myczkowski i in. [9], niezależnie od założonych czynników doświadczenia, uzyskali w letnim cyklu produkcji zawartość azotanów 10-15 razy niższą niż w uprawie jesiennej, natomiast w uprawie wiosennej 2-krotnie niższą niż w jesiennej. Niektórzy autorzy zwracają uwagę także na porę dnia jako czynnik wywierający wpływ na poziom azotanów w roślinach [12]. Związane jest to z dobowym rytmem aktywności reduktazy azotanowej i azotynowej,

czyli enzymów odpowiedzialnych za metabolizm azotanów w roślinach. Wśród czynników wpływających na obniżenie zawartości azotanów wymienia się także formę azotu nawozowego. Powszechnie uważa się, że formy zredukowane azotu, w porównaniu z formą azotanową, powodują obniżenie zawartości azotanów w warzywach, w tym w sałacie [5,15]. W przeprowadzonym doświadczeniu rośliny zasilane pożywką azotanowo-amonową zawierały średnio o 35% mniej azotanów w porównaniu do roślin zasilanych pożywką azotanową.

Marschner [7] zwraca uwagę, że na zawartość azotanów wpływa między innymi właściwe zaopatrzenie roślin w mikroelementy, a zwłaszcza w molibden, który wchodzi w skład reduktazy azotanowej. Molibden spośród wszystkich niezbędnych pierwiastków w roślinach, występuje w najmniejszej ilości (poniżej  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s. m.}$ ). Jednak brak Mo uniemożliwia procesy redukcji azotanów i w konsekwencji następuje gromadzenie się ich w roślinie [7]. W żadnym z sezonów uprawy dokarmianie dolistne molibdenem lub mocznikiem w połączeniu z molibdenem nie wpłynęło istotnie na poziom azotanów w stosunku do obiektu kontrolnego. Powodem tego mogło być pełne pokrycie zapotrzebowania roślin na ten mikroelement przez pożywkę, która zawierała 0,02 ppm Mo. Dokarmianie dolistne mocznikiem także nie miało wpływu na zawartość azotanów w żadnym z sezonów uprawy. Wcześniejsze badania autorki [4] wykazały, że takie obniżenie zawartości azotanów można uzyskać w sałacie poprzez dokarmianie dolistne mocznikiem z równoczesnym częściowym lub całkowitym wyeliminowaniem azotu z pożywki.

Zawartość azotu amonowego w roślinach nie zależała od formy azotu użytej do sporządzania pożywki. W obiektach nawożonych formą azotanową i azotanowo-amonową oznaczano w roślinach podobne ilości jonów amonowych. Świadczy to o szybkim wykorzystywaniu pobranej formy amonowej przez rośliny zasilane pożywką azotanowo-amonową. Jedynie w uprawie wiosennej znacznie niższą zawartość jonów amonowych oznaczano w roślinach rosnących w II części tunelu w porównaniu do roślin uprawianych w I części, bez względu na formę zastosowanego azotu nawozowego i dokarmianie dolistne. Potwierdza to, że w tej części tunelu procesy asymilacji form mineralnych azotu w roślinach zachodziły szybciej, co było wynikiem panujących tutaj lepszych warunków świetlnych. Konsekwencją lepszych warunków świetlnych w II części tunelu, wpływających na intensywność fotosyntezy to także wyższa zawartość cukrów w roślinach.

Zawartość witaminy C jest jednym z ważnych parametrów jakościowych sałaty. Wpływ czynników doświadczenia na zawartość witaminy C w liściach zależał od terminu uprawy. W sezonie wiosennym zawartość witaminy C zależała od miejsca uprawy, z kolei w sezonie jesiennym jedynie od formy azotu nawozowego. Wyższą zawartość witaminy C oznaczano w roślinach rosnących w II części tunelu, co wiązało się z większą ilością energii świetlnej docierającej do roślin. Z kolei w sezonie jesiennym wyższą zawartość tego składnika oznaczano w roślinach zasilanych po-

żywką zawierającą formę azotanową niż azotano-amonową. W literaturze spotyka się zazwyczaj opinie na temat wpływu zwiększonych dawek azotu na obniżenie w roślinach zawartości kwasu askorbinowego. Związane jest to z wpływem azotu na rozwój części nadziemnych roślin, głównie liści co może ograniczać dostęp światła do np. owoców i ujemnie wpływać na syntezę w nich kwasu askorbinowego. Z kolei Mozafar [8] wskazuje, że oprócz dawki azotu istotną rolę spełnia forma azotu, gdyż rośliny nawożone azotem amonowym posiadają zwykle mniej kwasu askorbinowego aniżeli zaopatrywane w azot azotanowy.

#### WNIOSKI

1. Spośród badanych czynników doświadczenia największy wpływ na plonowanie i jakość sałaty wyrażoną zawartością azotanów, cukrów i witaminy C miał rodzaj folii pokrywającej tunel foliowy.
2. Najwyższy plon sałaty, a zarazem najniższą zawartość azotanów wykazano w roślinach w uprawie prowadzonej w sezonie wiosennym, w tunelu z zastosowaniem folii o większej przepuszczalności światła.
3. Udział w pożywcze zredukowanych form azotu wpłynął istotnie na obniżenie zawartości azotanów w roślinach.
4. Zabieg dokarmiania dolistnego roztworem mocznika lub mocznika z molibdenem w żadnym z sezonów uprawy nie wpłynął na plonowanie oraz na wartość biologiczną roślin.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Dapigny L., de Tourdonnet S., Roger-Estrade J., Jeuffroy M.H., Fleury A.:** Effect of nitrogen nutrition on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.), under various conditions of radiation and temperature. *Agronomie*, 20, 843-855, 2000.
2. **Escobar-Gutierrez A. J., Burns I.G.:** Screening lettuce cultivars for low nitrate content during summer and winter production. *J. of Hort. Sci. and Biotech.*, 77, 2, 232-237, 2002.
3. **Kowalska I., Sady W.:** Suitability of urea and nitrate forms of nitrogen for greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown using Nutrient Film technique (NFT). *Folia Hort.*, 8/1, 105-114, 1996.
4. **Kowalska I.:** Zawartość azotanów w sałacie szklarniowej w zależności od sposobu nawożenia azotem. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych”* Lublin 8-9 VII 1998, 127-130, 1998.
5. **Lisiewska Z., Kmieciak W.:** Azotany i azotyny w warzywach. *Post. Nauk Roln.*, 3, 11-24, 1991.
6. **Mareczek A., Rożek S., Sady W.:** Wpływ pozakorzeniowego dokarmiania roślin na wielkość i jakość plonu dyni. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 71, 131-134, 1991.
7. **Marschner H.:** Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition, Academic Press, London, 1995.
8. **Mozafar A.:** Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: a review. *J. Plant Nutr.*, 16, 2479-2506, 1993.

9. **Myczkowski J., Rożek S., Wojtaszek T., Sady W.:** Uprawa sałaty szklarniowej metodą cienkowieńskich kultur przepływowych (CKP) przy ograniczonym nawożeniu NPK. II. Wybrane aspekty metabolizmu azotanowego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 210, Ogrodnictwo, 15, 215-230, 1986.
10. **Richardson S.J., Hardgrave M.:** Effect of temperature, carbon dioxide enrichment, nitrogen form and rate of nitrogen fertilizer on the yield and nitrate content of two varieties of glasshouse lettuce. J. Sci. Food Agric., 59, 345-349, 1992.
11. **Roorda van Eysinga J.P.N.L.:** Nitrate in vegetables under protected cultivation. Acta Hort., 145, 251-256, 1984.
12. **Rożek S., Wojciechowska R.:** Effect of light and growth regulators on the circadian rhythmicity of nitrate reductase and nitrite reductase activities in greenhouse lettuce leaves. Folia Hort., 12(1), 53-64, 1990.
13. **Rożek S.:** Czynniki wpływające na akumulację azotanów w plonie warzyw. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 71, 19-31, 2000.
14. **Sady W., Rożek S., Gregorczyk J.:** The effect of fertilization with different forms of nitrogen on yield and nitrate metabolism in leaves of greenhouse lettuce. I. Yield and content of selected components in lettuce leaves. Folia Hort., II/1, 65-77, 1990.
15. **Sady W., Rożek S., Myczkowski J.:** Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce field. Acta Hort., 401, 409-416, 1995.
16. **Sady W., Smoleń S., Rożek S.:** Effect of differentiated nitrogen fertilization and foliar application on yield and biological quality of carrot crop. Hort. and Vegetable Growing, 24(3), 273-281, 2005.
17. SAS: Release 6.12 for Windows. SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, NC, 1996.
18. **Yemm E.W., Wills A.J.:** The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Bioch. J., 57, 508-514, 1954.

## EFFECTS OF NITROGEN FORM, FOLIAR NUTRITION AND GROWING PLACE ON YIELD AND QUALITY OF LETTUCE

*Iwona Kowalska, Włodzimierz Sady, Anna Szura*

Department of Soil Cultivation and Fertilization, Faculty of Horticulture, Agricultural University  
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków  
e-mail: rokowals@cyf-kr.edu.pl

**Abstract.** The study was concerned with the effects of nitrogen form (nitrate or nitrate-ammonium), foliar nutrition (control or molybdenum or urea-molybdenum), and growing place on the yield and nutritive value of lettuce grown on rockwool. Plants were grown in two seasons (spring and summer-autumn), in a plastic tunnel divided into two parts, covered with plastic differing in light permeability PAR. Among parameters studied the growing place had the highest effect on yield and lettuce quality. The plants grown in part II of the tunnel, with higher permeability, had significantly higher mass. The lowest nitrate content had plants grown on nitrate-ammonium solution in part II of the tunnel. Growing plants on nitrate-ammonium solution resulted in lower total-N content in the spring season and lower vitamin C content in the autumn season. Irrespective of the growing season there was no effect of foliar nutrition on yield and quality parameters.

**Keywords:** lettuce, nitrogen form, foliar nutrient, nitrate