

Edward BOROWSKI, Władysław MICHAŁEK

Wpływ czasu i warunków przechowywania na zawartość wybranych składników w liściach sałaty. Cz. I. Zmiany w zawartości wody, azotanów i azotynów

Effect of Time and Storage Conditions on the Content of Selected Elements in Lettuce Leaves. Part I. Changes in the Content of Water, Nitrates and Nitrites

Warzywa ze względu na walory smakowe i odżywcze, jak i na zawartość licznych witamin, kwasów organicznych, składników mineralnych oraz niezbędny w diecie włóknik, spełniają ogromną rolę w żywieniu człowieka. Jednakże są one również głównym źródłem azotanów dla organizmu człowieka, udział bowiem azotanów pochodzących z warzyw w całodziennych racjach pokarmowych waha się od 2 do 90% (cyt. za Lisiewska i Kmiecik 1991). Natomiast zawartość azotanów w warzywach zależy przede wszystkim od dawki i formy stosowanego nawożenia azotem (Myczkowski i wsp. 1986, Sady i wsp. 1990, Myczkowski i wsp. 1991), a także od terminu zbioru i warunków wegetacji (Myczkowski i wsp. 1990). Jakość warzyw spożywanych na świeżo, a także zawartość w nich azotanów i azotynów zależy również od warunków i sposobu przechowywania warzyw, a zwłaszcza długości okresu przechowywania i temperatury (Aworh i wsp. 1978, 1980), a także sposobu zabezpieczenia przed utratą wody (Brecht i wsp. 1986, Stanley 1989, Jeong i wsp. 1990). Krótkotrwałe przechowywanie warzyw zdaniem jednych autorów, powoduje spadek ilości azotanów (Ecker i Collet 1988, Grobelna i in. 1983), zdaniem innych następuje ich wzrost (Machackowa i wsp. 1985).

Ponieważ sałata jest warzywem powszechnie spożywanym w Polsce, a jednocześnie należy ona do gatunków gromadzących duże ilości azotanów (od 90 do 10 000 mg/kg świeżej masy) i dość duże w porównaniu z innymi warzywami ilości azotynów (do 10 mg/kg) (cyt. za Lisiewska i Kmiecik) w przedstawionej pracy określono wpływ powszechnie stosowanych sposobów przechowywania sałaty na jej wartość odżywczą. Ocenę zmian jakości przechowywanej sałaty oparto na analizie utraty wody oraz zmian w zawartości azotanów i azotynów. Dla uzyskania pełniejszego obrazu zmian w jakości sałaty, analizowany materiał

doświadczalny był różnicowany pod względem zawartości azotanów i azotynów, co uzyskano drogą różnicowanego żywienia azotowego.

MATERIAL I METODY

Nasiona sałaty szklarniowej odmiany 'Alka' kiełkowały w piasku pod światłem jarzeniowym o natężeniu 25 W/m^2 . Dwutygodniowe siewki w fazie pierwszej pary liści przepikowano do 1 l. plastikowych pojemników napełnionych pożywką mineralną. Rośliny rosły na 3 rodzajach pożywki różniących się formą zastosowanej soli azotu przy tej samej ilości N, P, K, Ca i Mg w 1 l pożywki. Pożywki przygotowywano na wodzie destylowanej, a ich skład w mM/l był następujący:

1) pożywka azotanowa ($100\% \text{ N-NO}_3$), $\text{Ca(NO}_3)_2$ – 6,27, KNO_3 – 2,42, KH_2PO_4 – 1,62, KCl – 2,37, MgSO_4 – 2,09.

2) pożywka azotanowo-amonowa ($50\% \text{ N-NO}_3 + 50\% \text{ N-NH}_4$), $\text{Ca(NO}_3)_2$ – 3,74, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2,14, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – 1,61, KCl – 6,36, MgSO_4 – 2,09, CaCO_3 – 2,50.

3) pożywka amonowa ($100\% \text{ N-NH}_4$), $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – 1,61, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 5,89, KCl – 6,36, MgSO_4 – 2,09, CaCO_3 – 6,24.

Do każdego litra pożywki dodawano 2 cm^3 roztworu A-Z wnoszącego niezbędne mikroelementy oraz 2 cm^3 1% roztworu cytrynianu żelaza. Odczyn pożywek w okresie prowadzenia doświadczenia kontrolowano co 3 dni, utrzymując stałe pH 6 przy pomocy 0,1 M H_2SO_4 lub 0,1 M NaOH. Każdorazowo po upływie 1 tygodnia pożywkę wymieniano na świeżą. W jednym pojemniku rosła 1 roślina, każda seria żywieniowa liczyła 45 powtórzeń.

Rośliny sałaty hodowano przez okres 6 tygodni w okresie od 3 listopada do 15 grudnia 1992 roku w pomieszczeniu wegetacyjnym przy świetle o natężeniu 25 W/m^2 , długości dnia 12 godzin, temperaturze w dzień 20°C , w nocy 17°C . Po upływie 6 tygodni określono plon świeżej masy główek sałaty w poszczególnych seriach żywieniowych oraz zawartość azotanów i azotynów w 3 roślinach w każdej serii doświadczalnej. Z pozostałych 42 główek sałaty w serii, 21 główek zapakowano w woreczki foliowe, a 21 umieszczono na tekturowych tackach. Tak przygotowaną sałatę przechowywano w lodówce w temp. 1°C (po 9 główek) i 5°C (po 9 główek) oraz na wolnym powietrzu w temp. 20°C (po 3 główki). Dokładnie po upływie 1 doby w przypadku temperatury pokojowej (20°C) i po upływie 1, 3 i 5 dób w przypadku temperatury 1° i 5°C wyjmowano po 3 główki sałaty przechowywanej w temp. 5°C określono także procentowy ubytek wody z roślin. Wszystkie analizy wykonano w 2 powtórzeniach. Zawartość azotanów w świeżej masie liści określono przy pomocy metody Cataldo i wsp. (1975), zaś azotynów przy pomocy metody opisanej przez Lemieszek-Chodorowską (1977). Wyniki analiz laboratoryjnych liści sałaty, a także plon biomasy główek poddane zostały analizie statystycznej przy pomocy pojedynczej, podwójnej lub potrójnej klasyfikacji krzyżowej. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic pomiędzy średnimi obliczono półprzedziały ufności Tukey'a, określone w pracy jako NIR.

WYNIKI

PLONY ROŚLIN I PROCENTOWY UBYTEK WODY W TRAKCIE ICH PRZECHOWYWANIA

Uzyskane wyniki wykazały, iż zastosowana w żywieniu roślin forma azotu wywarła istotny wpływ na plon sałaty. Najwyższy bowiem plon wydały rośliny żywione wyłącznie azotanami, plon natomiast roślin żywionych $\text{N-NO}_3/\text{NH}_4$ był o 14% niższy, zaś żywionych N-NH_4 aż o 44% niższy (tab. 1).

Tab. 1. Wpływ formy azotu na świeżą masę główek sałaty i procentowy ubytek z nich wody w trakcie przechowywania w temperaturze 5°C

Effect of nitrogen form on fresh mass of lettuce heads and the percent loss of water in the course of storing them at the temperature of 5°C

Forma N N form	Masa główek w gramach Head mass in g	Ubytek wody w % Water loss in %								
		po 1 dobie after 24 hrs			po 3 dobach after 3 days			po 5 dobach after 5 days		
		w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$
NO ₃	95,5	1,35	8,56	4,95	3,10	21,18	12,14	7,27	34,92	21,09
NO ₃ /NH ₄	82,2	1,42	7,79	4,60	4,29	14,70	9,49	7,89	23,91	15,90
NH ₄	54,1	1,51	13,35	7,43	4,79	29,43	17,11	7,86	44,79	26,32
$\bar{x}$		1,43	9,90		4,06	21,77		7,67	34,54	
NIR dla: LSD for: formy N N form	8,6			0,52			1,43			1,04
folii foil				0,34			0,95			0,69
forma × folia form × foil				0,92			2,54			1,85

Rośliny sałaty żywione N-NH₄ przechowywane zarówno w woreczkach foliowych, jak i bez nich były w największym stopniu narażone na wędnięcie. Ubytek wody po 5 dobach z roślin niezabezpieczonych folią sięgał 45%, zaś u roślin opakowanych w folię dochodził do 8 %. Najmniej podatna na wędnięcie była na ogół sałata wyrosła przy żywieniu N-NO₃/NH₄. Folia skutecznie zabezpieczała rośliny przed utratą wody. Sałata umieszczona w folii w stosunku do roślin przechowywanych bez niej utraciła średnio po 1 dobie około 7-krotnie mniej wody, po 3 dobach ponad 5-krotnie mniej a po 7 dobach ponad 4-krotnie mniej wody (tab. 1.).

ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW I AZOTYNÓW W BIOMASIE ŚWIEŻEJ I PRZECHOWYWANEJ SAŁATY

Wyniki zawarte w tabeli 2 wskazują iż zastosowana forma azotu wpływała w istotny sposób na zawartość azotanów i azotynów w świeżej sałacie. Niewielkie ilości azotanów zawierały w liściach rośliny żywione wyłącznie N-NH₄. Natomiast zawartość NO₃ w roślinach korzystających z N-NO₃/NH₄, była 6-krotnie większa, zaś u roślin korzystających wyłącznie z N-NO₃ ponad 9-krotnie większa. Zawartość azotynów w świeżej sałacie była znikoma, chociaż pomiędzy roślinami z poszczególnych serii żywieniowych wystąpiły istotne różnice. Wyraźnie najmniej azotynów zawierały rośliny żywione N-NH₄.

Tab. 2. Wpływ formy azotu na zawartość azotanów i azotynów w świeżej masie liści sałaty bezpośrednio po zbiorze roślin i po 1-dobowym okresie przechowywania w temperaturze 20°C (mg/kg)

Effect of nitrogen form on content of nitrates and nitrites in the fresh mass of lettuce leaves directly after harvesting and after 24-hour-period of storage at the temperature of 20°C (mg/kg)

Forma N N form	Po zbiorze After harvesting		Po 1 dobie After 24 hrs					
	azotany NO ₃ nitrates	azotyny NO ₂ nitrites	azotany (NO ₃) nitrates			azotyny (NO ₂) nitrites		
			w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$
NO ₃	2645	1,6	1683	1962	1822	4,7	3,1	3,9
NO ₃ /NH ₄	1668	1,0	1054	1251	1152	3,0	2,5	2,7
NH ₄	276	0,6	212	277	244	1,5	1,2	1,3
$\bar{x}$			983	1163	1073	3,1	2,3	2,6
NIR dla: formy N	146	0,43	294,2			0,18		
LSD for: N form								
folii			64,3			0,12		
foil								
forma × forma			171,9			0,33		
form × foil								

Zasadniczo w trakcie przechowywania sałaty następował spadek zawartości azotanów w liściach, jednakże tempo zmniejszania się ilości NO₃ zależało od czasu przechowywania i temperatury. Najszybciej spadała zawartość azotanów w liściach sałaty przechowywanej w temp. 20°C. Nie uwzględniając różnic wynikających z opakowania roślin (folia, bez folii), po 1 dobie zawartość azotanów w roślinach żywionych N-NO₃ i N-NO₃/NH₄ obniżyła się o około 30%. Spadek zawartości NO₃ w roślinach żywionych wyłącznie amonem był najmniejszy i wynosił 12%.

W roślinach przechowywanych w lodówce w temp. 1°C i 5°C przez okres 1 doby praktycznie nie zachodziły żadne zmiany w zawartości azotanów w liściach (tab. 3). Sałata przechowywana przez okres 3 dób w temp. 1°C zachowywała również podobną ilość NO₃ jak sałata świeża. Natomiast rośliny przechowywane przez ten okres w temp. 5°C wykazywały spadek ilości azotanów wynoszący zależnie od formy zastosowanego azotu od 14 do 19% w stosunku do sałaty świeżej. Dalsze wydłużanie czasu przechowywania roślin do 5 dób powodowało średnio około 30% spadek ilości azotanów w liściach, zarówno u roślin przechowywanych w temp. 5°C jak i 1°C (tab. 3).

Niezależnie od temperatury i czasu przechowywania sałaty, istotnie mniej azotanów zawierały liście zapakowane w woreczki foliowe, niż przechowywane bez folii na tackach (tab. 2, 3). Przechowywanie przy tym sałaty bez folii w temp.

Tab. 3. Wpływ czasu i warunków przechowywania sałaty na zawartość azotanów w świeżej masie liści sałaty (mg/kg)

Effect of time and conditions of lettuce storage on nitrate content in fresh mass of lettuce leaves (mg/kg)

Forma N N form	Po 1 dobie After 24 hrs			Po 3 dobach After 3 days			Po 5 dobach After 5 days		
	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$
1°C									
NO ₃	2562	2712	2637	2512	2724	2618	2480	2790	2635
NO ₃ /NH ₄	1631	1968	1799	1612	1819	1715	1093	1284	1188
NH ₄	262	284	273	243	253	248	193	207	200
$\bar{x}$	1485	1655	1570	1456	1598	1527	1255	1427	1341
NIR dla: LSD for: formy N, N form				88,6		39,1		78,8	
folii, foil				59,1		26,1		52,6	
czasu, time								65,7	
5°C									
NO ₃	2363	2878	2621	1956	2378	2167	1645	1985	1815
NO ₃ /NH ₄	1493	1782	1637	1212	1489	1350	986	1220	1103
NH ₄	250	281	265	215	262	238	164	178	171
$\bar{x}$	1369	1647	1508	1128	1376	1252	932	1128	1030
NIR dla: LSD for: formy N, N form				63,2		71,2		53,7	
folii, foil				42,1		47,5		35,8	
czasu, time								58,3	

5° i 20°C wpływało w większym stopniu na wzrost ilości azotanów w liściach niż w temp. 1°C. Średnio po upływie 1 doby w temp. 20°C i po 1, 3 i 5 dób w temp. 5°C przyrost ilości azotanów w roślinach nie opakowanych w stosunku do roślin opakowanych w woreczki foliowe wynosił około 20%. Natomiast w temp. 1°C przyrost ten był niższy i wynosił średnio około 10%.

Czas i warunki przechowywania sałaty wpływały także w istotny sposób na zawartość azotynów w liściach (tab. 2, 4). Po 1-dobowym okresie przechowywania najwięcej azotynów, niezależnie od tego czy rośliny były zapakowane w folię czy też nie, zawierały liście przetrzymywane w temp. 20°C (2,6 mg/kg). Średnia zawartość azotynów po 1 dobie w sałacie przechowywanej w temp. 5°C wynosiła 1,4 mg, a więc była o 46% niższa, zaś w sałacie przechowywanej w temp. 1°C aż o 65% niższa (0,9 mg). Wydłużenie czasu przechowywania sałaty do 3 dób wpłynęło na wzrost zawartości azotynów w temp. 5°C, natomiast w temp. 1°C zawartość ta pozostawała na nie zmienionym poziomie. Dalsze wydłużenie czasu przechowywania sałaty do 5 dób spowodowało kilkakrotne obniżenie się

Tab. 4. Wpływ czasu i warunków przechowywania sałaty na zawartość azotynów w świeżej masie liści sałaty (mg/kg)

Effect of time and conditions of lettuce storage on nitrite content in fresh mass of lettuce leaves (mg/kg)

Forma N N form	Po 1 dobie After 24 hrs			Po 3 dobach After 3 days			Po 5 dobach After 5 days		
	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$	w folii in foil	bez folii without foil	$\bar{x}$
1°C									
NO ₃	1,9	1,5	1,7	1,8	1,2	1,5	1,2	0,2	0,7
NO ₃ /NH ₄	1,0	0,8	0,9	1,6	1,2	1,4	1,2	0,0	0,6
NH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\bar{x}$	1,0	0,8	0,9	1,1	0,8	1,0	0,8	0,1	0,4
NIR dla: LSD for: formy N, N form				0,21			0,31		
folii, foil				0,14			0,20		
czasu, time							0,23		
5°C									
NO ₃	2,1	1,3	1,7	2,8	2,6	2,7	1,2	0,5	0,8
NO ₃ /NH ₄	1,6	1,2	1,4	2,8	1,9	2,3	0,5	0,0	0,2
NH ₄	1,2	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
$\bar{x}$	1,6	1,2	1,4	2,2	1,8	2,0	0,8	0,2	0,5
NIR dla: LSD for: formy N, N form				0,33			0,35		
folii, foil				0,22			0,23		
czasu, time							0,27		

zawartości azotynów zarówno w liściach przechowywanych w temp. 1°C, jak i 5°C. Po tym okresie rośliny wyrosłe na pożywce amonowej nie zawierały w ogóle azotynów, zaś wyrosłe na NO-NO₃ i N-NO₃/NH₄ tylko śladowe ilości.

Uzyskane wyniki wykazały, iż niezależnie od czasu i temperatury rośliny przechowywane w woreczkach foliowych wykazywały istotnie wyższe ilości azotynów w liściach, niż rośliny przechowywane bez nich. Najwięcej NO₂ w każdych warunkach zawierały liście sałaty worse na N-NO₃, mniej na N-NO₃/NO₄, a najmniej na N-NH₄ (tab. 2, 4).

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wykazały, iż forma azotu wywiera istotny wpływ na plon sałaty i zawartość w liściach azotanów i azotynów. Najmniej korzystnie na plon roślin oddziaływał N-NH₄, co także w badaniach prowadzonych na innych

gatunkach roślin potwierdził Borowski (1989) i Uziak i wsp. (1991). Sady i wsp. (1990) w doświadczeniach z sałatą prowadzonych metodą kultur cienkowarstwowych nie wykazali ujemnego wpływu $N-NH_4$ na plon główek sałaty, mogło to jednakże wynikać z ułatwionego w tych warunkach procesu nityfikacji NH_4 do NO_3 . Jednakże sałata żywiona $N-NH_4$, mimo niższego plonu, wykazywała wyraźnie wyższą jakość. Zawartość azotanów w liściach była 6-9-krotnie niższa, zaś azotynów 2-3-krotnie niższa niż w liściach roślin żywionych $N-NO_3/NH_4$ lub $N-NO_3$. Korzystny wpływ żywienia roślin zredukowanymi formami azotu (NH_4 , NH_2) w porównaniu z formą NO_3 na zawartość azotanów i azotynów w liściach sałaty stwierdził także Myczkowski i wsp. (1986), Sady i wsp. (1990), Myczkowski i wsp. (1991).

Przeprowadzone badania wykazały, iż o wartości sałaty decyduje nie tylko nawożenie, ale także czas i warunki przechowywania świeżych liści sałaty.

Najbardziej niekorzystnym zmianom w trakcie przechowywania ulegał skład chemiczny liści przechowywanych w temp. 20°C. Następował w nich bowiem, prawdopodobnie wskutek wysokiej aktywności reduktazy azotanowej, wyraźny spadek zawartości azotanów na rzecz wzrostu ilości azotynów w liściach. Podobny kierunek przemian w trakcie przechowywania w temp. 20°C liści szpinaku obserwował także Aworh i wsp. (1978).

Znacznie korzystniej jest przechowywać sałatę w temp. 1-5°C, co także w odniesieniu do szpinaku stwierdził Aworh i wsp. (1978). Wprawdzie w tych warunkach zawartość azotanów zmniejszała się w niewielkim stopniu, ale wyraźnie spadała zawartość znacznie niebezpieczniejszych azotynów. Liście sałaty po 5 dobach przechowywania w lodówce (1-5°C) nie zawierały w ogóle lub tylko śladowe ilości NO_2 (żywione $N-NO_3$). Liście przechowywane krócej (1-3 doby) w temp. 1-5°C zawierały niewielkie ilości azotynów, co wskazywałoby na aktywność jeszcze w tym okresie reduktazy azotanowej. Fakt ten potwierdzają badania Aworh i wsp. (1980), który stwierdził po 2 dniach przechowywania szpinaku w temp. 10°C znaczny spadek aktywności reduktazy, zaś w liściach przechowywanych 5 dni i dłużej, nie stwierdził w ogóle obecności enzymu.

Utratę wody z przechowywanych liści sałaty w każdych warunkach skutecznie ogranicza pakowanie liści w woreczki foliowe, co także znajduje potwierdzenie w badaniach przeprowadzonych na sałacie przez innych autorów: Brecht i wsp. (1986), Stanley (1989), Jeong i wsp. (1990). Zabieg ten wpływał także w istotny sposób na obniżenie zawartości azotynów. Taki kierunek przemian w liściach zapakowanych w folię zawiązany był, jak się wydaje, ze zmianą składu powietrza wewnątrz foliowych woreczków. Oddychanie przechowywanych liści powodowało stopniowy ubytek O_2 z powietrza a zwiększenie się stężenia CO_2 . W tych warunkach mogły uaktywnić działalność niektóre mikroorganizmy beztlenowe lub fakultatywnie beztlenowe, które zdaniem Deeb i Sloan (1975), są zdolne do redukcji azotanów. Zwiększoną akumulację azotynów w liściach szpinaku przechowywanego w warunkach niskiej zawartości tlenu stwierdził także Aworh i wsp. (1980).

WNIOSKI

1. Najwyższe plony świeżej masy liści wydały rośliny wyrosłe na pożywce N-NO_3 , niższe wyrosłe na $\text{N-NO}_3/\text{NH}_4$, a najniższe wyrosłe na N-NH_4 .
2. Najmniejszą zawartość azotanów i azotynów w świeżej masie liści tuż po zbiorze wykazywały rośliny żywione N-NH_4 , największą zaś żywione N-NO_3 .
3. Najbardziej podatne na wędnięcie były rośliny żywione N-NH_4 , najmniej żywione $\text{N-NO}_3/\text{NH}_4$. Pakowanie przechowywanych roślin sałaty w woreczki foliowe istotnie zmniejszało w każdych warunkach ubytek wody z roślin.
4. Sałata przechowywana w woreczkach foliowych wykazywała niezależnie od czasu przechowywania i temperatury istotnie niższą zawartość azotanów a wyższą zawartość azotynów niż sałata bez folii.
5. U roślin przechowywanych do 3 dób w temp. 1°C , a zwłaszcza 5°C następował spadek zawartości azotanów, wzrost zaś ilości azotynów w liściach. Wydłużenie czasu przechowywania do 5 dób w tych warunkach wywołało wyraźny spadek zarówno azotanów, jak i azotynów w liściach.
6. Najmniej korzystnie przechowywała się sałata w temp. 20°C , bowiem w tych warunkach już po 1 dobie następował wyraźny spadek zawartości azotanów, a wzrost ilości azotynów w liściach.

PIŚMIENNICTWO

- Aworh O. C., Brecht P. E., Minotti P. L., 1978. Nitrate and nitrite levels in fresh spinach as influenced by postharvest temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103/3: 417-419.
- Aworh O. C., Hicks J. R., Lee C. Y., Minotti P. L., 1980. Effects of chemical treatments and controlled atmospheres on postharvest nitrate-nitrite conversion in spinach. J. Food Sci. 3, 45; 496-498.
- Borowski E., 1989. Skład jonowy i zawartość niektórych związków organicznych w roślinach kapusty pastewnej i kukurydzy. Cz. I. Wpływ żywienia różnymi formami azotu. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. E, vol. XLIV, 18; 151-162.
- Brecht J. K., Sherman M., Allen J. J., 1986. Film wrapping to improve the postharvest quality of Florida head lettuce. Proc. Flor. State Hort. Soc. 99; 135-140.
- Cataldo D. A., haroon M., Schrader L. E., 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Communication in Soil Science and Plant Analysis 6; 1-80.
- Deeb B. S., Sloan K. W., 1975. Nitrates, nitrites and health. III. Agr. Exp. Sta. Bull; 750-755.
- Ecker V. C., Collet P., 1988. Mikrobiologisch bedingte Nitritbildung in Salat-fertigpackungen. Arch. Lebensmittelhyg. 5, 39; 123-128.
- Grobelna M., Machoy Z., Niewiarowska-Pawlus A., Pilawska H., Skuciński S., 1983. Zawartość azotanów i azotynów w wybranych warzywach z terenu województwa szczecińskiego. Roczn. PZH, 34, 5-6; 481-486.
- Jeong I. C., Park K. W., Yang Y. I., 1990. Influence of packaging with high density polyethylene film on the quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. *Cheongchima*) during low temperature storage. J. Korean Soc. Hort. Sci. 31, 3; 219-225.
- Lemieszek-Chodorowska K., 1977. Metody oznaczania substancji obcych w środowiskach spożywczych (azotany i azotyny). Wydawnictwo Metodyczne PZH, Warszawa.

- Lisiewska Z., Kmiecik W., 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.
- Lisiewska Z., Kmiecik W., 1991. Azotany i azotyny w warzywach. Cz. II. Zmiany w zawartości azotanów i azotynów w warzywach podczas krótko- i długoterminowego przechowywania. *Post. Nauk Roln.* 3; 25-31.
- Machackova I., Zmrhal Z., Trckova M., 1985. Obsah dusičnanu v listech salátu a špenátu v závislosti na denní době sklizně a na trvání a podmínkách skladování. *Rostlin. Vyroby.* 11, 31; 1151-1155.
- Myczkowski J., Rożek S., Sady W., Wojtaszek T., 1986. Some indices of nitrate metabolism in lettuce grown by the nutrient film technique on varying nutrient solutions. *Acta Physiol. Plant.* 8; 43-52.
- Myczkowski J., Rożek S., Sady W., Wojtaszek T., 1990. The effect of some factors on the content of nitrate and nitrite in lettuce leaves grown with the nutrient film technique. II. Effect of light and growth regulators in conditions of NPK fertilization discontinued before harvesting. *Folia Hortic.* II /1: 7-16.
- Myczkowski J., Rożek S., Sady W., 1991. The effect of fertilization with different forms of nitrogen on yield and nitrate metabolism in leaves of greenhouse lettuce II. Effect of growth regulators. *Folia Hortic.* III/1: 13-25.
- Sady W., Rożek S., Gregorczyk J., 1990. 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 Hortic.* II/1; 65-77.
- Stanley R., 1989. The influence of temperature and packaging material on the post harvest quality of iceberg lettuce. *Acta Hort.* 244; 171-180.
- Uziak Z., Borowski E., Blamowski Z. K. 1991. State of ionic equilibrium in plant of spring rape and maize at varied ratios of $N-NO_3$ and $N-NH_4$ in the nutrient solution. *Polish J. Soil. Sci.* 24/1; 79-86.

SUMMARY

The experiment with lettuce plants conducted in water cultures with artificial light, determined the influence of $N-NO_3$, $N-NO_3/NH_4$ and $N-NH_4$ on the yield and content of nitrates and nitrites in the leaves as well as the changes in the content of these substances in the course of storing the plants at the temperatures of 1.5 and 20%.

The results showed that the highest head yield was obtained from the plants fed exclusively with $N-NO_3$. However, the content of nitrates and nitrites in the leaves was not the greatest. The smallest amounts of NO_3 and NO_2 were gathered in the leaves of plants fed with $N-NH_4$, while the leaf yield was the smallest in these conditions. During the storage, a drop of the nitrate content in the leaves took place, which was greater the longer and at the higher temperature the plants were stored. The highest content of nitrites was observed as early as after the first 24 hours' period in the lettuce plants stored at the temperature of 20%. The plants stored at the temperatures of 10° and 5°C showed increase of the quantity of nitrites up to the third day. However, after the further two days, a clear drop of the NO_2 content was observed in the leaves. Storing lettuce in foil bags not only protected the plants against withering, but at the same time it influenced a drop of the NO_3 content and increase of the quantity of NO_2 in the leaves.