

Edward BOROWSKI, Władysław MICHAŁEK

Reakcja sałaty na żywienie azotanami lub amonem w warunkach zróżnicowanych temperatur pożywki mineralnej. I. Wzrost i gospodarka azotowa roślin

Response of Lettuce Plants to Nitrate or Ammonium Nutrition in Conditions of Different Temperatures of Mineral Nutrient. I. Growth and Nitrogen Economy of Plants

Badania Ta i in. (1981) przeprowadzone na roślinach ryżu wykazały iż w okresie letnim rośliny znacznie lepiej rosły na azotanach, jesienią natomiast na azocie amonowym. Na tej podstawie autor sugeruje iż reakcja roślin na formy azotu jest w istotnym stopniu determinowana warunkami klimatycznymi, zwłaszcza intensywnością światła i temperaturą. Sugestia autora dotycząca intensywności światła została potwierdzona w badaniach przeprowadzonych na pomidorach (Borowski 1994), w których to badaniach stwierdzono, iż przy zredukowanej (w 50%) intensywności światła niekorzystny wpływ azotu amonowego na produkcję biomasy i owoców pomidorów był mniejszy. Ponieważ światło wywiera wpływ na szereg procesów fizjologicznych w roślinie, między innymi różnicuje w zasadniczy sposób transpirację, przeprowadzono również badania dotyczące wpływu wilgotności powietrza na reakcję roślin na formy azotu w podłożu (Borowski 1994). Wykazały one, iż w warunkach niedosytu wilgotności powietrza (50% p. p. w.) u roślin żywionych N-NH₄ występuje istotne obniżenie tempa przyrostu biomasy, w stosunku do roślin żywionych N-NO₃, przy czym w korzeniach tych roślin stwierdzono kilkukrotnie wyższą zawartość wolnych jonów NH₄ w porównaniu z korzeniami roślin rosnących przy 100% uwilgotnieniu.

W przedstawionych badaniach określono reakcję roślin na kolejny czynnik sugerowany w pracy Ta i in. (1981), mianowicie na temperaturę pożywki. Celem tych badań jest określenie wpływu azotu azotanowego i amonowego zawartego w pożywkach o zróżnicowanej temperaturze na tempo wzrostu roślin i ich gospodarkę azotową. Rozległe badania na ten temat przeprowadził na roślinach rzepy Macduff i in. (1987). Badania te jednak obejmowały krótki bo tylko 14-dniowy okres wzrostu roślin w zróżnicowanych temperaturach. Ponieważ jednak, jak twierdzi Bhat i in. (1979), reakcja roślin na zróżnicowaną temperaturę zmienia się wraz z wiekiem, a także w związku z tym, iż rośliny w dłuższym okresie mogą dostosowywać się do zróżnicowanych temperatur, (Glass i Siddigi 1985) uznano za celowe przebadanie reakcji sałaty w pełnym okresie wegetacji z podziałem na 14-dniowe okresy.

MATERIAŁ I METODY

Siewki sałaty szklarniowej odm. "Alka", wkładano w otwory cienkiej płyty styropianowej (wym. 50 x 40 cm.) umieszczonej na powierzchni roztworu pożywki. Doświadczenie prowadzono w 6 kuwetach, trzy z nich wypełnione były pożywką azotanową, a pozostałe trzy pożywką amonową. W każdej kuwecie rosło po 24 rośliny sałaty. Skład zastosowanych pożywek w mM/l był następujący: 1) azotanowa: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 6,27, KNO_3 – 2,42, KH_2PO_4 – 1,62, KCl – 2,37, MgSO_4 – 2,09; 2) amonowa: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – 1,61, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 6,89, KCl – 6,36, MgSO_4 – 2,09, CaCO_3 – 6,24. Do 1 l pożywki dodawano ponadto 1 ml 1% roztworu cytrynianu żelaza i roztworu A-Z. Pożywki wymieniano w odstępach tygodniowych, utrzymując pH 6 przy pomocy 0,1 n NaOH lub 0,1 n H_2SO_4 . W każdej z 3 kuwet wypełnionych pożywką azotanową lub amonową utrzymywano 3 różne temperatury roztworu pożywki: 7, 14 i $21^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Zróżnicowane temperatury pożywek uzyskano poprzez umieszczenie na dnie kuwety cienkościennych miedzianych rurek, przez które przepływała woda o określonej temperaturze tłoczona z termostatów. Pracą termostatów sterowały termometry kontaktowe umieszczone w kuwetach z roślinami. Przedstawione wyniki są średnimi z 2 analogicznych doświadczeń przeprowadzonych w pomieszczeniu vegetacyjnym przy świetle sztucznym o natężeniu 25 W/m^2 , długości dnia 12 h., temperaturze powietrza $20^\circ\text{C}/17^\circ\text{C}$.

Zbiór losowo wybranych 8 roślin z każdej kuwety przeprowadzono po 2, 4 i 6 tygodniach vegetacji. Rośliny dzielono wówczas na część nadziemną (liście) i korzenie, części te ważono a następnie suszono określając plon ich suchej masy. Wyniki dotyczące plonu suchej masy roślin i stosunku plonu suchej masy liści do plonu suchej masy korzeni poddano analizie statystycznej przy pomocy metody podwójnej klasyfikacji krzyżowej i półprzeziałów ufności Tukey'a (NIR).

W suchym materiale liści sałaty określono w 3 powtórzeniach zawartość N-białkowego metodą Kjeldahla, NO_3 metodą Cataldo et al. (1975), NH_4 przy użyciu odczynnika Nesslera i cukrów łatwo rozpuszczalnych metodą Dubois'a w modyfikacji Ślusarczyk (1976).

WYNIKI

PLON I STOSUNEK PLONU LIŚCI DO KORZENI

Wyniki zamieszczone w tabeli 1 wskazują, iż wysokość plonu roślin 2 i 4-tygodniowych w większym stopniu zależała od temperatury pożywki niż formy zastosowanej soli azotu. Plony zaś 6-tygodniowych roślin sałaty uwarunkowane były zarówno temperaturą poży-

Tab. 1. Wpływ temperatury pożywki mineralnej i formy azotu na wysokość plonu suchej masy roślin sałaty po 2, 4 i 6-tygodniach vegetacji (g)
Effect of temperature of mineral nutrient and forms of nitrogen on the yield of dry mass of lettuce plants after 2, 4 and 6 weeks of vegetation (g)

Temperatura pożywki $^\circ\text{C}$ Nutrient temperature $^\circ\text{C}$	2 tygodnie 2 weeks			4 tygodnie 4 weeks			6 tygodni 6 weeks		
	NO_3	NH_4	$\bar{x}$	NO_3	NH_4	$\bar{x}$	NO_3	NH_4	$\bar{x}$
7	0,81	0,96	0,88	2,54	2,80	2,67	3,04	2,88	2,96
14	1,34	1,53	1,43	5,51	4,22	4,86	9,69	7,87	8,78
21	1,02	0,93	0,97	3,76	3,14	3,45	5,89	4,10	4,99
$\bar{x}$	1,06	1,14	-	3,94	3,39	-	6,21	4,95	-
NIR (LSD) 0,05	– temp. pożywki temp. of nutrient		0,18			0,28			0,34
	– forma N N form		nieistotne insignif.			0,19			0,23
	– temp. x forma temp. x form		0,31			0,50			0,59

wki, jak i formą podanego azotu. Najwyższe plony suchej masy w każdym z analizowanych okresów wzrostu wydały rośliny korzystające z pożywki o temp. 14°C. W tych warunkach największy udział w całkowitej masie roślin miały także korzenie, bowiem stosunek suchej masy liści do suchej masy korzeni był we wszystkich terminach zbioru najniższy (tab. 2).

Tab. 2. Wpływ temperatury pożywki mineralnej i formy azotu na stosunek suchej masy liści do suchej masy korzeni w całkowitym plonie roślin sałaty po 2, 4 i 6 tygodniach wegetacji

Effect of temperature of mineral nutrient and forms of nitrogen on the ratio of dry mass of leaves to dry mass of roots in the whole yield of lettuce leaves after 2, 4 and 6 weeks of vegetation

Temperatura pożywki °C Nutrient temperature °C	2 tygodnie 2 weeks			4 tygodnie 4 weeks			6 tygodni 6 weeks		
	NO ₃	NH ₄	$\bar{x}$	NO ₃	NH ₄	$\bar{x}$	NO ₃	NH ₄	$\bar{x}$
7	3,73	4,40	4,06	11,03	13,72	12,37	7,58	12,45	10,01
14	3,94	4,03	3,98	8,09	9,66	8,87	6,41	6,95	6,68
21	3,91	4,37	4,14	9,24	12,55	10,89	9,03	9,68	9,35
$\bar{x}$	3,86	4,27	-	9,45	11,98	-	7,67	9,69	-
NIR (LSD)	- temp. pożywki temp. of nutrient		nie istotne insignif.			1,07			0,89
	- forma N N form		0,39			0,73			0,60
	- temp. x forma temp. x form		1,01			1,87			1,55

Plony roślin zaopatrywanych w pożywkę o temp. 21°C były średnio o 30% niższe w przypadku roślin 2 i 4-tygodniowych i o ponad 40% niższe u roślin 6-tygodniowych. Najniższe plony suchej masy wytworzyły rośliny korzystające z pożywki o temp. 7°C, były one po 2-tygodniach wzrostu roślin o blisko 40% niższe niż przy temp. 14°C, zaś u roślin starszych (4 i 6 tyg.) odpowiednio o blisko 45 i 65% niższe. Udział korzeni w całkowitym plonie roślin zaopatrywanych w pożywkę o temp. 21°C, a zwłaszcza 7°C był wyraźnie mniejszy, na co wskazują wyższe wartości stosunku plonów tych części roślin do siebie.

Wpływ formy azotu na plon roślin sałaty zależał od wieku roślin i temperatury pożywki. Młode rośliny sałaty (2 tyg.) rosące w pożywce o temp. 7 i 14°C, a także rośliny starsze (4 tyg.) zasilane pożywką o temp. 7°C reagowały korzystniej na N-NH₄, rośliny w pozostałych wariantach doświadczenia wydały wyższy plon suchej masy w warunkach żywienia N-NO₃. Azot w formie amonowej w każdym analizowanym okresie wzrostu sałaty i niezależnie od temperatury pożywki w której został podany, znacznie bardziej ograniczał wzrost korzeni aniżeli azot azotanowy, dlatego też wartość stosunku suchej masy liści do korzeni przy żywieniu NH₄⁺ była wyższa niż przy żywieniu NO₃⁻ (tab. 2).

ZAWARTOŚĆ PODSTAWOWYCH FORM AZOTU I CUKRÓW W LIŚCIACH

Zawartość azotu azotanowego w liściach sałaty zmieniała się zarówno pod wpływem formy żywienia azotem, temperatury pożywki, jak również wieku roślin (tab. 3). Bardzo dużo N-NO₃ w liściach zawierały młode rośliny (2 tyg.) żywione pożywką azotanową o temp. 21°C. Zawartość azotu zgromadzonego w tej formie w liściach stanowiła bowiem

ponad 22% całkowitej zawartości N (cz. II). Spadek temperatury pożywki do 14°C, zwłaszcza 7°C, wpłynął na znaczne obniżenie pobierania i gromadzenia azotanów w liściach. W podobny sposób kształtowała się zawartość N-NO₃ w liściach roślin starszych (4 i 6 tyg.), ulegała ona jednak wraz z wiekiem roślin wyraźnemu obniżeniu.

Zawartość azotu azotanowego w liściach roślin żywionych amonem układała się pod wpływem temperatury pożywki odmiennie niż przy żywieniu azotanami. Najwięcej bowiem N-NO₃ zawierały rośliny korzystające z pożywki o temperaturze 7°C, najmniej korzystające z pożywki o temperaturze 21°C, przy czym w roślinach korzystających z pożywki o temperaturze 7°C i 14°C zawartość N-NO₃ w liściach wraz z wiekiem roślin obniżała się. Nie stwierdzono natomiast takiej zależności w roślinach rosnących w pożywce o temperaturze 21°C.

Zawartość azotu amonowego w liściach była kilkakrotnie niższa niż azotanów, ale pod wpływem zastosowanych czynników doświadczalnych kształtowała się w sposób podobny. Najwięcej bowiem N-NH₄ zawierały rośliny młode korzystające z pożywki amonowej o temperaturze 21°C. W roślinach żywionych taką samą pożywką o temperaturze 7°C zawartość N-NH₄ była o połowę niższa. Śladowe ilości N-NH₄ w porównaniu z roślinami żywionymi amonem zawierały rośliny żywione azotanami, ale także i w tym przypadku więcej azotu amonowego zawierały rośliny rosnące w pożywce o temperaturze 21°C bądź 7°C. W liściach 6-tygodniowych roślin sałaty żywionych amonem stwierdzono śladowe ilości N-NH₄, zaś w żywionych azotanami nie stwierdzono w ogóle azotu amonowego (tab. 3).

Tab. 3. Wpływ temperatury pożywki mineralnej i formy azotu na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w suchej masie liści sałaty po 2, 4 i 6 tygodniach wegetacji

Effect of temperature of mineral nutrient and forms of nitrogen on contents of N-NO₃ and N-NH₄ in the dry mass of lettuce leaves after 2, 4 or 6 weeks of growth

Temperatura pożywki °C Nutrient temperature °C	Forma azotu Nitrogen forms	2 tygodnie 2 weeks		4 tygodnie 4 weeks		6 tygodni 6 weeks	
		zawartość w mM/100 g. s. m. – contents in mM/100 g. d. m.					
		N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
7	NO ₃	25,7	0,8	22,2	0,5	11,8	brak
	NH ₄	7,5	7,4	5,8	4,1	4,8	0,5
14	NO ₃	39,1	0,9	32,7	0,5	18,4	brak
	NH ₄	6,6	12,2	5,9	8,5	4,1	1,2
21	NO ₃	47,9	1,5	39,5	0,9	24,5	brak
	NH ₄	2,6	15,6	5,1	10,3	2,4	2,2

Sałata korzystająca z pożywki amonowej w porównaniu do roślin żywionych azotanami, wykazywała wyraźnie wyższą zawartość N-białkowego w liściach niezależnie od temperatury pożywki i wieku roślin. Różnice te były większe przy temperaturze pożywki 7°C (średnio ponad dwukrotne) i nieco mniejsze w pożywkach o temperaturze 14°C i 21°C. Temperatura pożywki nie wpływała w sposób jednoznaczny na zawartość N-białkowego. Liście roślin młodych (2 tyg.) zawierały najwięcej azotu w formie białkowej przy tempe-

raturze pożywki 14°C, a najmniej w pożywce o temperaturze 21°C. W roślinach zaś starszych (4 i 6 tygodni) odwrotnie, najwięcej białka gromadziły rośliny w pożywce o temperaturze 21°C, najmniej rośliny 6-tygodniowe w temperaturze 14°C, zaś 4-tygodniowe w zależności od formy azotu w pożywce o temp. 14°C (korzystające z NH_4) bądź 7°C (korzystające z NO_3). W pożywce o temperaturze 14°C zawartość N-białkowego w liściach sałaty wyraźnie obniżała się wraz z wiekiem roślin, nie stwierdzono natomiast takiej zależności w roślinach korzystających z pożywki o temperaturze 7°C i 21°C (tab. 4).

Tab. 4. Wpływ temperatury pożywki mineralnej i formy azotu na zawartość N-białkowego (mM/100 g s. m.) i rozpuszczalnych węglowodanów (%) w suchej masie liści sałaty po 2, 4 i 6 tygodniach wegetacji
Effect of temperature of mineral nutrient and forms of nitrogen on contents of protein N (mM/100 g. d. m.) and soluble carbohydrates (%) in the dry mass of lettuce leaves after 2, 4 or 6 weeks of growth

Temperatura pożywki °C Nutrient temperature °C	Forma azotu Nitrogen forms	2 tygodnie 2 weeks		4 tygodnie 4 weeks		6 tygodni 6 weeks	
		N-białkowy protein - N	cukry carbohydrates	N-białkowy protein - N	cukry carbohydrates	N-białkowy protein - N	cukry carbohydrates
7	NO_3	164,7	9,7	145,8	13,0	132,0	10,6
	NH_4	305,7	11,8	341,8	16,7	284,2	11,6
14	NO_3	186,9	8,0	160,7	10,8	125,0	9,2
	NH_4	306,9	8,7	245,9	13,5	213,4	9,7
21	NO_3	159,2	5,9	225,8	9,2	185,0	9,1
	NH_4	244,4	6,0	365,2	9,7	302,8	9,0

Zastosowane w doświadczeniach czynniki bardziej jednoznacznie niż na zawartość N-białkowego wpływały na udział cukrów w suchej masie liści. Najwięcej bowiem cukrów w każdym terminie zbioru zawierały liście roślin wyrosłych na pożywce o temperaturze 7°C. Wzrost temperatury pożywki do 14°C wpłynął na wyraźne zmniejszenie procentowego udziału cukrów w składzie suchej masy liści sałaty. Dalsze zwiększenie temperatury pożywki do 21°C wpływało na zmniejszenie zawartości cukrów w liściach roślin 2 i 4 tygodniowych, nie wywierało natomiast tak znaczącego wpływu na zawartość tych substancji w liściach sałaty 6-tygodniowej. Niezależnie jednak od temperatury pożywki mineralnej wyraźnie więcej cukrów w liściach zawierała sałata żywiona azotem amonowym niż azotanami. Udział ich przy tym w suchej masie liści bez względu na inne czynniki doświadczalne był najwyższy w okresie 4 tygodni (tab. 4).

DYSKUSJA

Sałata uważana jest za warzywo o niskich wymaganiach termicznych, jednakże dokładniejszych danych na temat optymalnych dla wzrostu temperatur środowiska korzeni i powietrza brak. Ustalając w przeprowadzonym doświadczeniu temperatury pożywki, w jakich będą prowadzone badania, oparto się na pracy Van der Boona i in. (1990), którzy badając wpływ różnych temperatur powietrza przy zimowej i wiosennej uprawie sałaty na

nagromadzenie w niej azotanów podgrzewali dostarczoną pożywkę do 14°C. Temperaturę tę przyjęto więc jako zbliżoną do optymalnej i w stosunku do niej badano wpływ temperatury o 7°C niższej i wyższej. Uzyskane wyniki wykazały, iż temperatura środowiska korzeni 14°C jest najbliższa optymalnej, bowiem w temperaturze 7 i 21°C produktywność roślin (wytworzona sucha masa) już po 2 tygodniach wzrostu była istotnie niższa, a zaistniałe różnice powiększały się w trakcie dalszej wegetacji. Temperatura pożywki 14°C okazała się przy tym najwłaściwsza zarówno do gromadzenia suchej masy w liściach, jak i w korzeniach. Stosunek bowiem suchej masy liści do korzeni zawsze był najniższy przy tej temperaturze, a najwyższy przy 7°C. Odrębny problem to wpływ na wzrost stosunku temperatury w strefie korzeniowej do temperatury powietrza w strefie liści rośliny. Być może najlepszy wzrost w pożywce o temperaturze 14°C wynikał ze stosunku tej temperatury do temperatury powietrza 20/17°C (dzień/noc). Dokładniejsze badania dotyczące uprawy pomidorów opublikowane zostały w pracy przeglądowej Beck i in. (1990); cytowane wyniki jednak są rozbieżne.

Zastosowana w pożywkach forma azotu nie zmieniła w zasadniczy sposób reakcji roślin na temperaturę pożywki, chociaż jej wpływ na akumulację suchej masy był uzależniony od temperatury w środowisku korzeni. Azot amonowy bowiem, który wyraźnie obniżał wzrost roślin 4 i 6 tygodniowych w temperaturze 14°C i 21°C, co także zostało potwierdzone w odniesieniu do temperatury 17-20°C we wcześniejszych badaniach autora prowadzonych na sałacie (Borowski 1994) i innych gatunkach roślin (Borowski 1993, Borowski i Blamowski – w druku), a także w pracach innych autorów (Macduff i in. 1987), nie okazywał negatywnego wpływu na produkcję suchej masy młodych roślin (2 tyg.) korzystające z pożywki o temperaturze 7 i 14°C. Przypuszczalnie korzystniejszy wpływ formy amonowej w stosunku do azotanów w tych warunkach wynikał z tego, iż był on przez korzenie pobierany w tempie umożliwiającym pełną jego asymilację w liściach. Jednocześnie jednak jako forma zredukowana wymagał on mniejszych nakładów energetycznych na pobieranie i asymilację, co przy funkcjonowaniu korzeni w środowisku o obniżonej temperaturze (większa gęstość pożywki) mogło mieć znaczący wpływ na wzrost. O trudnościach w pobieraniu jonów NH_4^+ w temperaturze 7°C świadczy niska zawartość procentowa N-ogólnego, a także niskie tempo pobierania tych jonów przez korzenie wykazane w II części pracy.

Rośliny rosnące w pożywkach o temperaturze 14°C a zwłaszcza 21°C wykazywały wyraźnie wyższą zawartość w liściach N- NO_3 i N- NH_4 w stosunku do roślin korzystających z pożywki o temperaturze 7°C, co także potwierdza Macduff i in. (1987). Wydaje się, iż może to wynikać z intensywnego pobierania obu jonów przez korzenie, na skutek ich zwiększonej ruchliwości w roztworze pożywki. Jednocześnie jony NO_3^- , które przecież zredukowane są w liściach, łatwiej są transportowane z korzeni do liści na skutek mniejszych oporów w transporcie wody.

Najwyższa na ogół zawartość azotu białkowego w roślinach korzystających z pożywki o temperaturze 21°C (wyjątek rośliny 2 tyg.) wynika prawdopodobnie z faktu, iż jest to w badanym przedziale temperatura, która najbardziej sprzyjała działalności enzymatycznej. Należy również wziąć pod uwagę, iż plony biomasy w tych warunkach kształtowały się na średnim poziomie, co także sprzyjało koncentracji związków białkowych w plonach. Uzyskane wyniki sugerują jednocześnie, że temperatury w strefie korzeniowej, silnie oddziałują na przebieg procesów metabolicznych w częściach nadziemnych. Trudniejsza do wyjaśnienia jest zróżnicowana zawartość cukrów w liściach roślin sałaty korzystających

z pożywek o zróżnicowanej temperaturze. Wydaje się, że ma ona związek ze wzrostem korzeni w zastosowanych temperaturach jako głównych akceptorów asymilatów w roślinach sałaty. W temperaturze 7°C, w której funkcjonowanie merystemów wzrostu korzeni było przyhamowane w stosunku do pozostałych temperatur, korzenie słabo odbierały asymilaty z liści i stąd być może wysoka ich zawartość w liściach. W wyższych temperaturach, 14 i 21°C, rosnące korzenie zużywały w części wytworzone w liściach cukry i stąd ich zawartość w liściach była niższa. Nie bez znaczenia był także wpływ zróżnicowanych temperatur pożywki na oddychanie korzeni, które niewątpliwie przebiegało intensywniej w temperaturze 14°C, a zwłaszcza 21°C, niż 7°C.

Przeprowadzone badania nie potwierdzają tezy Bhat i in. (1979) oraz Glass i Siddigi (1985), iż rośliny w dłuższym okresie mogą się dostosowywać do zróżnicowanych temperatur. Stosunek bowiem średnich plonów 2 tygodniowych roślin sałaty, wyrosłych przy temperaturze 14°C do plonów przy temperaturze 7 i 21°C, wynosił odpowiednio 0,61 i 0,68, a po 6 tygodniach tylko 0,33 i 0,57. Wydaje się, iż wynikało to głównie z dużego (7°C) zróżnicowania temperatur, prawdopodobnie rośliny potrafią się dostosować, ale do różnic w temperaturze środowiska rzędu 2-3°C.

WNIOSKI

1. Temperatura pożywki wywierała istotny wpływ na dynamikę przyrostu suchej masy w roślinach sałaty. Najwyższe plony suchej masy w całym okresie wegetacji wydały rośliny korzystające z pożywki o temperaturze 14°C, niższe rośliny rosnące w pożywce o temperaturze 21°C, a najniższe zasilane pożywką o temperaturze 7°C.

2. Wpływ formy azotu na plon suchej masy sałaty zależał od wieku roślin i temperatury pożywki. Azot w formie amonowej wpływał korzystniej na przyrost plonów w roślinach 2-tygodniowych przy temperaturze 7°C i 14°C i 4-tygodniowych przy temperaturze 7°C. W pozostałych wariantach doświadczenia, wyższe było plonowanie roślin żywionych azotanami.

3. Stosunek suchej masy liści do suchej masy korzeni sałaty w całym okresie wegetacji przyjmował najwyższą wartość w roślinach żywionych pożywką amonową o temperaturze 7°C, najniższą natomiast wartość omawianego stosunku stwierdzono w roślinach żywionych pożywką azotanową o temperaturze 14°C.

4. Najwyższą zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w liściach wykazywały rośliny korzystające z pożywki z tymi formami N o temperaturze 21°C. Wraz z obniżaniem się temperatury pożywki wyraźnie malała zawartość tych form azotu w suchej masie.

5. Najwięcej N-białkowego w liściach zawierały rośliny 2-tygodniowe korzystające z pożywki o temperaturze 14°C i rośliny 4 i 6-tygodniowe korzystające z pożywki o temperaturze 21°C. Na zawartość natomiast cukrów rozpuszczalnych w liściach najkorzystniej wpływała pożywka o temperaturze 7°C, najmniej korzystnie o temperaturze 21°C. Niezależnie od temperatury pożywki istotnie wyższą zawartością N-białkowego i cukrów charakteryzowały się rośliny żywione NH₄ niż NO₃.

6. Plony sałaty o stosunkowo wysokiej jakości wytworzyły rośliny korzystające z pożywki amonowej o temperaturze 14°C.

PIŚMIENICTWO

- Beck D., Sady W., Wojtaszek T., 1990. Wpływ temperatury powietrza i strefy korzeniowej na wybrane aspekty wzrostu i rozwoju pomidora. *Post. Nauk Roln.* 3, 90, 39-57.
- Bhat K. K. S., Nye P. H., Brereton A. J., 1979. The possibility of predicting solute uptake and plant growth response from independently measured soil and plant characteristics. VI. The growth and uptake of rape in solutions of constant nitrate concentration. *Plant and Soil.*, 53, 137-167.
- Borowski E., 1994. Reakcja roślin pomidorów na formy azotu w warunkach pełnej i zmniejszonej intensywności światła. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. EEE*, vol. II, 1, 1-12.
- Borowski E., 1994. Reakcja sałaty na formy azotu w warunkach pełnej i dwukrotnie zmniejszonej wilgotności powietrza. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sec. EEE*, vol. II, 10, 73-83.
- Borowski E., Błamowski Z. K., 1994. Reakcja rzepaku na żywienie N-NO_3 i N-NH_4 podawane w różnych fazach wzrostu. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. E*.
- Cataldo D. A., Haroon M., Schrader L. E., Youngs V. L., 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Soil Sci. Plant Anal.* 6, 71-80.
- Glass A. D. M., Siddgi M. Y., 1985. Nitrate inhibition of chloride influx in barley: implications for a proposed chloride homeostat. *J. Exp. Bot.* 36, 556-566.
- Macduff J. H., Hopper M. J., Wild A., Trim F. E., 1987. Comparison of the effects of root temperature on nitrate and ammonium nutrition of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in flowing solution culture. I Growth and uptake of nitrogen. *J. Exp. Bot.* 38, 192, 1104-1120.
- Ślusarczyk M., 1976. Oznaczanie węglowodanów w materiale roślinnym. Materiały seminaryjne. Wydawnictwo JUNG, Puławy, 90-96.
- Ta T. C., Tusutsumi M., Kurihara K., 1981. Comparative study on the response of Indica and Japonica rice plants to ammonium and nitrate nitrogen. *Soil. Sci. Plant Nutr.* 27, 83-92.
- Van der Boon J., Steenhuizen J. W., Steingröver E. G., 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4/NO_3 ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *J. Hort. Sci.* 65, 3, 309-321.

SUMMARY

In the experiments with lettuce carried out in the growth room, where plants grew in hydroponics, the influence of different nutrient temperatures (7°C ; 14°C , 21°C) at constant air temperature $20/17^\circ\text{C}$ (day/night) on the dynamics of increment of dry mass of plants and on the contents of N-NO_3 , N-NH_3 , N-NH_4 , protein-N and carbohydrates in the leaves in conditions of feeding with nitrate or ammonium, were determined.

The obtained results showed that the most profitable for the growth of plants and accumulation of dry mass in them is nutrient temperature 14°C , less profitable is 21°C , but the least profitable – 7°C .

Young plants using nutrient at temp. 7°C and 14°C grew distinctly better in the ammonium feeding conditions, older plants as well as plants using nutrient at temp. 21°C accumulated more dry mass in the nitrate feeding conditions.

The contents of N-NO_3 and N-NH_4 in the dry mass of lettuce leaves were the highest in the plants using nutrient with those forms of N at temp. 21°C , distinctly lower at temp. 14°C , but the lowest at 7°C . In reverse dependence on the temperature were the contents of soluble carbohydrates, the most of them were at temp. 7°C and the least at temp. 21°C . The contents of protein -N was the highest in 2-week-plants using nutrient at temp. 14°C and in 4- and 6-week plants using the nutrient at temp. 21°C . Independently of nutrient temperature, distinctly higher contents of protein-N and carbohydrates were found out the plants fed with NH_4 than with NO_3 .