Badania nad zastosowaniem różnych form azotu w hydroponicznej uprawie pomidora

Z. GUMIŃSKA i J. ŁOKIETEK

Ogród Botaniczny Uniwersytetu Wrocławskiego

(Otrzymano dn. 19 IX 79)

Z. Gumińska, J. Łokietek (*Botanical Garden, Wrocław University, Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław, Poland*) *Acta Agrobotanica* 34 (1): 000-000, 1981
Effects of nutrition with varied forms of nitrogen on the growth of tomatoes in hydroponic cultures

Abstract

Ammonium saltpeter used in hydroponic nutrient solution instead of calcium saltpeter decreased the yield of tomatoes by 30%. A smaller (15,4%) decrease in yield was observed when ammonium saltpeter was used jointly with urea. The 50% reduction of light gave a considerable 60% drop in the yield. The levels of phosphorus and chlorophyll in leaves of tomatoes grown under the above conditions were considerably higher than in tomatoes cultivated in full light. All the tomato plant took up almost the same quantities of mineral salts.

WSTĘP

Obszerne badania (Priani sznik ow, 1951; Maksim ow, 1929; Strebeyko, 1932; Chibnall, 1952) wykazały, że azotany i sole amonowe mogą być równowartościowym pokarmem dla roślin, zależy to jednak od wielu warunków. Intensywniejsze wykorzystanie formy amonowej uwarunkowane jest obojętnym lub lekko kwaśnym odczynem podłoża, natomiast przy odczynie silnie kwaśnym pobierana jest lepiej forma saletrzana. Jony azotanowe pobierane są dobrze przy znacznie szerszym zakresie pH niż jony amonowe. Przy pobieraniu soli amonowych podłoże zostaje silnie zakwaszone, przy azotanach następuje lekka alkaliczacja podłoża.

Przy wysokim natężeniu światła rośliny lepiej rosną na azotanach, przy niskim różnica ta zanika (Hofstra i Koch-Bosma, 1970). Przy wyższych temperaturach przeważa pobieranie azotu azotanowego, przy niższych amonowego (Zsoldos, 1972).

Dalszym czynnikiem jest dostęp tlenu. Z badań Warburga i Negeleina (1920), Arnona (1937) oraz Gilberta i Shiwego (1945) wynika, że przy niedostatku tlenu azotany jako czynnik utleniający zastępują w pewnym stopniu tlen cząsteczkowy (tzw. oddychanie azotanowe).

Gumiński i in. (1957) wykazali, że korzenie pomidorów w warunkach aerobowych wydalają CO_2 intensywniej w pożywce zawierającej azotany aniżeli w pożywce z solami amonowymi, w anaerobowych zaś jedynie w obecności azotanów. Poskuta (1961) stwierdził, że azotany w warunkach słabego natlenienia podłoża kompensują niedobór tlenu i stymulują aktywne pobieranie i przewodzenie wody przez rośliny; ponadto nawet przy pH 6,0 azotany były intensywniej pobierane aniżeli sole amonowe. Tenże autor stwierdził też, że po okresach głodu azotowego w warunkach niedotlenienia pożywki azotany są korzystniejszą formą azotu dla roślin aniżeli sole amonowe. Buczek (1963) w swych badaniach stwierdził, że azotany stymulowały pobieranie wody i transpirację, natomiast sole amonowe hamowały te procesy.

Według Suder-Moraw i Buczka (1977) siewki pomidorów pobierające azot w formie amonowej wykazywały tolerancję na niewłaściwy stosunek Ca : Mg (zamiast 3 : 1 — 3 : 30) w pożywce. Natomiast na pożywce azotanowej siewki pomidorów przy zwiększonej akumulacji magnezu i obniżonej akumulacji wapnia reagowały zahamowaniem wzrostu, obniżeniem przyrostu suchej masy, masy białka oraz zahamowaniem aktywności reduktazy azotanowej. Ci sami autorzy stwierdzili pozytywny wpływ wyższej dawki wapnia w tkankach roślinnych, przy nadmiernej akumulacji magnezu. Zatem stosunkowy niedobór wapnia w tkankach roślinnych przy nadmiernej akumulacji magnezu jest w tym wypadku przyczyną zaburzeń w asymilacji azotu azotanowego.

Lüdders (1976) w czteroletnich doświadczeniach prowadzonych z jabłonią w kulturach piaskowych przy zastosowaniu w pożywce azotu w formie azotanów i alternatywnie w formie amonowej uzyskał następujące rezultaty: azotany zwiększyły wzrost wegetatywny i transpirację drzew. Drzewa otrzymujące azot w formie NH_4^+ wytworzyły więcej pąków kwiatowych, lecz wyłącznie w drugim roku. Sole amonowe obniżyły pobieranie wapnia i magnezu i spowodowały obniżkę zawartości tych makroelementów w liściach i owocach. Forma azotanowa wpłynęła korzystnie na zawartość węglowodanów w owocach.

Łotocki i Żelawski (1973), badając wpływ azotanów i soli amonowych na wzrost siewek sosny, stwierdzili po 4 miesiącach wyższą suchą masę siewek przy pobieraniu soli amonowych niż przy pobieraniu azotanów; podobne wyniki uzyskała Zajączkowska (1973). Najwyższy poziom chlorofilu w szpilkach sosny Zajączkowska (1973) uzyskała pod wpływem saletry amonowej.

Coïc i Lessaint (1973) jak też Blanc (1958) próbowali w kulturach bezglebowych przy użyciu odpowiedniej proporcji jonów amonowych i azotanowych utrzymać w pożywce odpowiednie pH. Jednak w przypadku pomidorów maksymalny wzrost roślin uzyskali Coïc i Lessaint (1973) przy zastosowaniu wyłącznie soli azotanowych. Kukurydza natomiast wykazała korzystny wpływ rozwojowy przy użyciu 2 części soli amonowych i 14 części azotanowych.

O korzystnym działaniu azotanów dla siewek pomidorów w porównaniu z solami amonowymi doniosły Stabrowska (1959), Stabrowska i Dziewulska (1970), Stabrowska i Paściak (1971) i wskazały przy tym na wpływ różnych czynników.

W opracowaniu optymalnej pożywki dla uprawy hydroponicznej Gumińska i Gracz-Nalepka (1972) stwierdziły, że dla siewek pomidorów najkorzystniejszą formą azotu jest forma saletrzana; gorszą formą okazał się mocznik, a najgorzej pomidory rosły na pożywce z saletrą amonową.

Nowy aspekt korzystniejszego wpływu jonu azotanowego w porównaniu do amonowego w pożywce hydroponicznej wykazały Gumińska i Kobierzyńska-Gołąb (1976), stwierdzając nadmierny rozwój bakterii w uprawie sałaty na pożywce z solami amonowymi. Szczepy bakterii działające stymulująco na wzrost sałaty z solami azotanowymi w pożywce z solami amonowymi hamowały wzrost sałaty.

Mimo wyżej przytoczonych rezultatów dotychczasowych badań, podjęto jeszcze raz próby zastosowania saletry amonowej bądź mocznika, względnie kombinacji tych form azotu w uprawie hydroponicznej pomidorów, a to z tego względu, że w naszym kraju zaniechano produkcji saletry wapniowej i liczni ogrodnicy, prowadzący uprawy hydroponiczne oczekiwali konkretnej odpowiedzi: czy zamiast saletry wapniowej można stosować saletrę amonową lub mocznik.

Ponieważ „Polskie Odczynniki Chemiczne” podjęły próby produkcji saletry wapniowej do pożywek hydroponicznych, ten azotan wapniowy w stanie płynnym o zawartości 40% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ poddano też badaniom w niniejszej pracy.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w szklarni Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego w okresie od 27 IV do 14 IX 1976 r.

Obiektem doświadczenia były pomidory odmiany 'Potentate'.

Do doświadczenia użyto wazonów hydroponicznych, które składały się z 51 wiaderek plastikowych, na których umieszczono miski ceramiczne, 5 cm głębokie z gęsto podziurkowanym dnem. Jako ściółki hydroponicznej użyto węgla brunatnego z Turowa z torfem ogrodniczym

w proporcji objętościowej 2:1. Torf przed użyciem odkwaszano 20% NaOH do pH około 6,4.

Do doświadczenia użyto pożywki wg Gumińskiej i Gumińskiego (1976) o następującym składzie w g na 1 l wody wodociągowej:

superfosfat (16% P_2O_5)	1,0	$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$	0,003
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$	0,7	$ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	0,0006
KNO_3	0,7	$MnSO_4 \cdot 5 H_2O$	0,0006
$MgSO_4 \cdot 7 H_2O$	0,3	H_3BO_3	0,0006
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot n H_2O$	0,1	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4 H_2O$	0,0006

Podstawową początkową pożywką dla kontroli była wyżej podana, a dla innych kombinacji z odpowiednią wymianą saletry wapniowej, na inny związek azotowy. Na cały okres wegetacji na 1 roślinę pomidora użyto 54,6 g tych soli wg pracy Gumińskiej i in. (1975). Dawkę tę (po uwzględnieniu dawki wyjściowej) rozłożono na porcje po 4,2 g i dodawano je w odstępach tygodniowych w roztworze wodnym. Kontrolowano pH pożywki utrzymując je w granicach 6-6,5. W miarę potrzeby używano do alkalizacji 20% NaOH, a do zakwaszania 20% H_3PO_4 .

Układ doświadczenia

1. Kontrola I — pożywka wyżej podana
2. Kontrola II. Zamiast $Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$ użyto saletry wapniowej w stanie płynnym produkcji Zakładów „Polskie Odczynniki Chemiczne”; roztwór ten zawierał 36% saletry wapniowej. Reszta składników jak w kontroli I.
3. Zamiast $Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$ użyto: NH_4NO_3 0,32 g/l + $CaCO_3$ 0,4 g/l, reszta składników jak w kontroli I.
4. Zamiast $Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$ użyto: mocznika 0,23 g/l + $CaCO_3$ 0,4 g/l, reszta składników jak w kontroli I.
5. Zamiast $Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$ użyto: NH_4NO_3 0,16 g/l + mocznik 0,12 g/l + $CaCO_3$ 0,4 g/l, reszta jak w kontroli I.

Według powyższego schematu założono dwie części doświadczenia tzn. w 2 wariantach oświetlenia. Jedna część stała w szklarni całkowicie jasnej, druga zaś w drugiej części tej samej szklarni stale zacienionej. Naświetlenie mierzono o godz. 12

w pierwszej części bez zaciemnienia wynosiło:

czerwiec 9 200-68 000 lx

lipiec 9 000-55 000 „

sierpień 4 000-25 000 „

w części zacienionej:

czerwiec 2 300-25 000 lx

lipiec 1 000-16 000 „

sierpień 1 000- 8 200 „

Każda kombinacja zawierała 6 powtórzeń, a jedno powtórzenie stanowiła 1 roślina w jednym naczyniu hydroponicznym.

W odciętych wierzchołkach, nad czwartym gronem owoców, oznaczono fosfor całkowity metodą Fiske-Subbarowa (Mejbaum-Katzenellenbogen, 1969). Wynik przeliczono na 1 g suchej masy. Chlorofil oznaczono w dwu liściach nad 3-cim gronem metodą wg Withan i in. (1971). Wynik podano na 1 g świeżej masy liści. Obliczeń statystycznych dokonano metodą serii niezależnych o dwu zmiennych (Barbaki, 1951).

Opis przebiegu doświadczenia

27 IV wysiano nasiona pomidorów odmiany „Potentat” do wilgotnego uprzednio wyprażonego piasku.

11 V siewki posadzono do doniczek wypełnionych ściółką hydroponiczną i podlewano co drugi dzień pożywkami wg schematu w ilości 30 ml pożywki na 1 roślinę.

3 VI rośliny przesadzono do naczyń hydroponicznych. Początkowe stężenie pożywki wynosiło 2,8 g/l. Do pożywki dodano jednorazowo 10 mg/l EDTA w celu utrzymania żelaza w roztworze, nim tę funkcję zaczęła spełniać huminy wypłukiwane ze ściółki.

W początkowej fazie wzrostu utrzymywano wysoki poziom pożywki 1-2 cm poniżej górnego brzegu wazonu hydroponicznego, a ściółkę podlewano pożywką, czerpiąc ją z tego samego wazonu hydroponicznego, w którym roślina rosła. W miarę wzrostu korzeni i przenikania ich do pożywki zwiększono przestrzeń do 5 cm, obniżając poziom pożywki i następnie utrzymywano go na tej samej wysokości, dodając 1 raz na tydzień roztwory odpowiednich pożywek, a w pozostałe dni uzupełniając wodą. Przed dolewaniem pożywki, kontrolowano pH we wszystkich kombinacjach doświadczenia i w razie potrzeby odpowiednio je korygowano. Ściółkę codziennie zraszano wodą, utrzymując odpowiednią jej wilgotność.

Pomidory prowadzono na jeden pęd i 4 grona.

Przeciętna temperatura powietrza w szklarni wynosiła 22°C. Wilgotność względna powietrza wynosiła 60-70%.

WYNIKI

Z obserwacji, notowanych co kilka dni, wynika że już 16 V wszystkie pomidory rosnące w części zacienionej szklarni były znacznie wyż-

Tabela 1 — Table 1

Wpływ różnych form azotu w pożywce na plon pomidorów rosnących w dwu warunkach natężenia światła
 Effect of various forms of nitrogen in the mediums on the yield of tomatoes growing under two light intensity

Zmiany w pożywce — formy azotu Changes — forms of nitrogen in the medium	Pełne światło Full light		Częściowe zacielenie Limited light					
	Plon ogólny Total yield		Plon handlowy Commercial yield		Plon ogólny Total yield		Plon handlowy Commercial yield	
	g	%	g	%	g	%	g	%
1. Kontrola I $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Control I	1591,2	100	1526,7	100	784,7	100	620,4	100
2. Kontrola II $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — w płynie Control II — in liquid	1598,4	100,4	1489,3	97,5	682,5	86,9	572,6	92,2
3. NH_4NO_3 0,32 g + CaCO_3 0,4 g	1227,3	77,4	1058,7	69,3	712,1	90,7	528,6	85,2
4. Mocznik 0,23 g + CaCO_3 0,4 g Urea	1320,0	82,9	1218,4	79,8	622,8	79,3	486,7	78,4
5. NH_4NO_3 0,16 g + mocznik 0,12 g + CaCO_3 0,4 g urea	1462,1	91,8	1292,3	84,6	641,3	81,7	558,3	89,9
NIR — LSD p=5%	139,3		72,0		100,4		72,0	

sze od pomidorów rosnących na pełnym świetle. W dalszym rozwoju zanotowano, że pomidory zacienione zakwitły o 5 dni później od pomidorów rosnących na pełnym świetle, a zaowocowały o 8 dni później; owoce ich były znacznie drobniejsze.

Porównując efektywność poszczególnych mieszanek nawozowych na podstawie wyników zebranych w tabeli 1, gdzie zestawiono tak plon ogólny, jak i handlowy zebranych pomidorów, stwierdza się, że na pełnym świetle użycie saletry amonowej zamiast saletry wapniowej spowodowało spadek plonu ogólnego o 22,6%. Najmniejszą znikę plonu ogólnego, bo tylko o 8,2% (w granicach błędu doświadczalnego), uzyskano przy zastosowaniu zamiast saletry wapniowej 16 g/l saletry amonowej i 0,12 g/l mocznika. Biorąc pod uwagę plon handlowy saletra amonowa spowodowała jeszcze większy spadek bo 30,7%, podobnie zamiana saletry wapniowej na mocznik o 20%, a na saletrę amonową i mocznik o 15,4%.

Zasadnicza różnica wystąpiła między plonem roślin, rosnących na pełnym świetle a plonem pomidorów rosnących w warunkach zacienienia. W kontroli zacienionej plon ogólny spadł do 49,3% w stosunku do kontroli pomidorów rosnących na pełnym świetle. Jeszcze większe różnice wystąpiły przy porównaniu plonu handlowego; w zaciemnieniu kontrola wykazuje spadek do 40,6% w porównaniu do plonu roślin na pełnym świetle. Przy zacienieniu zamiana saletry wapniowej na amonową wykazuje wprowadzić niży plon ogólny od kontroli (zacienionej) o 9,3% (w granicach błędu doświadczalnego), natomiast mocznik w tych warunkach działa gorzej od saletry amonowej, przeciwnie aniżeli na pełnym świetle. W plonie handlowym widzimy to samo zjawisko. Reasumując można powiedzieć, że zacienienie obniża plon do połowy i wówczas zamiana saletry wapniowej na inne formy azotu powoduje mniejsze różnice niż przy pełnym świetle.

Przy rozpatrywaniu wyników uzyskanych z analizy fosforu w liściach wierzchołkowych pomidorów (tab. 2), okazało się, że w kombinacjach, gdzie saletrę wapniową zastąpiono saletrą amonową, znaleziono w liściach więcej fosforu; ilość ta jeszcze wzrosła pod wpływem mocznika. Wyniki określające poziom fosforu w liściach są ujemnie skorelowane z plonem handlowym pomidorów, tzn. im wyższy jest poziom fosforu w liściach tym niższy jest plon handlowy owoców, czyli owoców powyżej 2,5 cm średnicy. Sytuacja ta przy pełnym naświetleniu i przy zacienieniu przedstawia się podobnie. Kontrolne rośliny zacienione dały 40,6% plonu handlowego kontroli rosnącej na pełnym świetle, a poziom fosforu w ich liściach wynosił 162% w stosunku do poziomu fosforu kontrolnych roślin rosnących na pełnym świetle.

Analiza chlorofilu w liściach pomidorów rosnących na pełnym świetle wykazała pewien jego spadek do 16% (w granicach błędu doświad-

Tabela 2 — Table 2

Wpływ różnych form azotu w pożywce na poziom fosforu i chlorofilu w liściach pomidorów rosnących w dwu warunkach natężenia światła

Effect of various forms of nitrogen in the medium on the level of phosphorus and chlorophyll in leaves of tomatoes grown at two light intensities

Zmiany w pożywce — formy azotu Changes in the medium — forms of nitrogen	Pełne światło Full light		Częściowe zacienienie Limited light					
	Zawartość fosforu Phosphorus content		Zawartość chlorofilu Chlorophyll content		Zawartość fosforu Phosphorus content		Zawartość chlorofilu Chlorophyll content	
	mg/g ś.m. mg/g f.w.	%	mg/g ś.m. mg/g f.w.	%	mg/g ś.m. mg/g f.w.	%	mg/g ś.m. mg/g f.w.	%
1. Kontrola I $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Control I	2,81	100	0,667	100	4,56	100	0,731	100
2. Kontrola II $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ w płynie Control II	2,93	104,2	0,583	87,4	6,98	153,1	0,733	100,2
3. NH_4NO_3 0,32 g + CaCO_3 0,4 g	3,36	119,5	0,584	87,5	8,09	177,4	0,677	92,6
4. Mocznik 0,23 g + CaCO_3 0,4 g Urea	4,08	145,5	0,618	92,6	6,70	146,9	0,788	107,7
5. NH_4NO_3 0,16 g + mocznik (urea) 0,12 g + CaCO_3 0,4 g	4,85	172,2	0,559	83,8	7,09	155,4	0,905	123,8
NIR — LSD $p=5\%$	0,472		0,278		0,488		0,057	

czalnego) pod wpływem zastosowania formy amonowej azotu, mniejszy spadek spowodował zastosowany mocznik (7,4⁰/o).

Przy zacieleniu tylko saletra amonowa wywołała spadek chlorofilu w liściach o 7,4⁰/o, inne kombinacje wykazały wzrost, przy czym najwyższą, bo 23,8⁰/o mocznik użyty łącznie z saletrą amonową. Ta kombinacja porównana z analogiczną na roślinach rosnących w pełnym świetle dała wzrost aż 62⁰/o.

Tabela 3—Table 3

Wpływ różnych form azotu w pożywce na ilość pobranych soli mineralnych przez jedną roślinę pomidora. Dwa poziomy natężenia światła
Effect of various forms of nitrogen in the medium on the quantity of mineral salts taken up by one tomato plant. Two light intensities

Zmiany w pożywce — formy azotu Changes in the solution — forms of nitrogen	Pełne światło Full light		Częściowe zacinienie Limited light	
	pobrane sole mineralne w g mineral salts taken up in g			
	g	%	g	%
Kontrola I Ca(NO ₃) ₂ Control I	49,0	100	47,6	100
Kontrola II Ca(NO ₃) ₂ w płynie Control II	46,5	94,8	46,0	96,6
NH ₄ NO ₃ 0,32 g + CaCO ₃ 0,4 g	48,8	99,5	47,5	99,7
Mocznik 0,23 g + CaCO ₃ 0,4 g	48,9	99,7	48,2	101,2
Urea				
NH ₄ NO ₃ 0,16 g + mocznik 0,12 g + CaCO ₃ 0,4 g urea	47,9	97,7	47,5	99,7

Tabela 3 wskazuje na ilość pobranych soli mineralnych przez cały okres trwania doświadczenia. Na świetle najwięcej soli mineralnych pobrały rośliny rosnące na pożywce z saletrą wapniową w postaci krystalicznej, saletra wapniowa w płynie działała mniej efektywnie na pobranie soli — różnica wynosi 5,2⁰/o, natomiast zamiana saletry wapniowej na saletrę amonową jak i mocznik nie wpłynęła na zmianę pobrania soli z pożywki — różnica wynosiła 0,3 do 0,5⁰/o. Zastosowanie w pożywce mocznika i saletry amonowej dało różnicę soli o 2,3⁰/o w stosunku do kontroli. Rośliny rosnące w warunkach zacielenia pobrały nieco mniej soli mineralnych z pożywki, lecz różnice te nie odbiegają od poszczególnych kombinacji roślin rosnących na pełnym świetle i wahają się od 0,7 do 2,9⁰/o. Są to zbyt małe różnice aby uważać je za istotne. Reasumując można stwierdzić, że wszystkie rośliny pobrały mniej więcej jednakową ilość soli mineralnych, mianowicie 46 do 49 g z 54,6 podanych w nawożeniu przez okres trwania doświadczenia.

DYSKUSJA

W niniejszym doświadczeniu najwyższy plon pomidorów uzyskano na wyłącznie azotanowej formie azotu w pożywce. Wynik ten potwierdza rezultaty jakie otrzymał Coïc i Lessaint (1973). Podobne wyniki na siewkach pomidorów uzyskały Gumińska i Gracz-Nalepka (1972) oraz Stabrowska (1959).

Ponadto stwierdzono najmniejszy spadek plonu przy zamianie saletry wapniowej na mocznik i saletrę amonową łącznie (8,2%), podczas gdy użycie samej saletry amonowej spowodowało spadek o 22,6%, a samego mocznika o 17,1%. Spadek ten pogłębiał się, biorąc pod uwagę plon handlowy, bo przy pełnym oświetleniu dochodził do 30,7% w przypadku mocznika 20,7%, a w przypadku mocznika i saletry amonowej stosowanych łącznie do 15,4%. Biorąc pod uwagę fakt, że wszystkie rośliny pobrały prawie jednakową ilość soli z pożywki, a równocześnie wzmógł się poziom fosforu w liściach pod wpływem saletry amonowej, można przypuszczać, że saletra amonowa, jak też mocznik opóźniają transport fosforu z liści do owoców. Zmiana saletry wapniowej na inne formy azotu bowiem nie tylko obniża plon, lecz i jego jakość, co widać w większym spadku plonu handlowego.

W doświadczeniu naszym porównawczo uprawiano pomidory na świetle pełnym i mniej więcej do połowy obniżonym. Spadek plonów do połowy był spowodowany niedostatkim światła, gdyż inne czynniki jak: nawożenie, pH pożywki, warunki tlenowe korzeni, temperatura, wilgotność powietrza były identyczne. Wyższy poziom chlorofilu w liściach pomidorów rosnących w zacieleniu w porównaniu do rosnących przy pełnym świetle, świadczy o tym, że niedostatek światła nie ograniczył syntezy chlorofilu, a przeciwnie sprzyjał jego akumulacji.

Zwiększenie zawartości chlorofilu podobnie, jak i fosforu, w liściach roślin rosnących przy częściowym ograniczeniu intensywności światła interpretować można w zestawieniu ze spadkiem plonu owoców, w ten sposób, że ograniczenie światła spowodowało zahamowanie rozwoju roślin. Przypuszczać można, że fotosynteza przy pełnym świetle była intensywniejsza i rozwój roślin szybszy. W związku z tym różnice w efektywności różnych form azotu omawianych wyżej przy słabszym oświetleniu występują mniej drastycznie.

Doświadczenie nasze potwierdza wyniki Hofstry i Koch-Bosmy (1970), którzy twierdzili, że pomidory wyraźnie lepiej rosną na azotanach przy wysokim natężeniu światła, a w warunkach niedostatku światła różnice te są mniejsze.

WNIOSKI

1. Przy pełnym świetle zastąpienie saletry wapniowej przez saletrę amonową obniża plon handlowy pomidorów najbardziej, mocznik mniej;

użycie zamiast saletry wapniowej mocznika i saletry amonowej łącznie, powoduje najmniejszą zniżkę plonu.

2. Pod wpływem zastosowania saletry amonowej, mocznika, a najsilniej przy kombinacji tych obu form azotowych wzrasta w liściach zawartość fosforu, a obniża się zawartość chlorofilu.

3. Przy obniżeniu natężenia światła mniej więcej o 50% plon handlowy spada o 60% w stosunku do plonu kontrolnego na świetle. W tych warunkach zmiana saletry wapniowej na inne formy azotu obniża jeszcze plon handlowy ale znacznie słabiej niż przy świetle pełnym.

4. W warunkach zaciemnienia wzrasta znacznie poziom fosforu, oraz nieco wzrasta poziom chlorofilu w liściach.

5. Saletra wapniowa w płynie, produkowana przez „Polskie Odczynniki Chemiczne”, okazała się równie efektywna jak saletra wapniowa krystaliczna.

STRESZCZENIE

Przy pełnym naświetleniu zastąpienie saletry wapniowej przez saletrę amonową obniżyło plon handlowy pomidorów o 30%, użycie mocznika obniżyło plon o 20%, natomiast kombinacja saletry amonowej i mocznika łącznie spowodowały zniżkę plonu o 15,4%. Te wyżej wymienione zmiany spowodowały wzrost poziomu fosforu w liściach i to odpowiednio: 20%, 45%, 72%. Poziom chlorofilu w liściach nieznacznie się obniżył o 8-14%.

Przy obniżeniu natężenia światła mniej więcej do połowy plon handlowy spadł o 60% w stosunku do kontroli w pełnym świetle. W tych warunkach zmiana saletry wapniowej na inne formy azotu obniżyła plon handlowy, lecz tylko o 8 do 21%.

Zaciemnienie znacznie podniosło poziom fosforu w liściach i w kontroli różnica wynosiła 62%, przy użyciu saletry amonowej o 141%, mocznika o 64% oraz mocznika i saletry amonowej łącznie o 48% w stosunku do tych kombinacji na świetle. Chlorofil też wykazał zwyżkę poziomu w kontroli o 9%, w wyżej wymienionych kombinacjach odpowiednio: 19%, 27%, 62%.

Rośliny we wszystkich kombinacjach pobrały prawie równe ilości soli mineralnych.

LITERATURA

- Arnon D. J. 1937. Amonium and nitrate nitrogen nutrition of barley at different season in relation to hydrogen-ion concentration, manganese, copper and oxygen supply. *Soil Sci.* 44: 91-113.
- Barbacki S. 1951. Doświadczenie kombinowane, PWRiL, Warszawa.
- Blanc D. T. 1958. Contribution à l'étude de la nutrition azotée en culture sur sable. *Ann. Phys. Vég.* 9: 49-69.
- Buczek J. 1963. Changes in distribution of water in plants as a result of the absorption of nitrates or ammonium salts. *Acta Soc. Bot. Pol.* 32: 327-348.
- Chibnall A. C., 1952. Metabolizm białek w roślinie. PWRiL, Warszawa.
- Colic Y., Lessaint C., 1973. Le probleme de proportion des formes NO_3^- et NH_4^+ de la nutrition azotée dans les cultures sans sol. Third International Congress on Soils Culture, Sassari: 13-19.
- Gilbert S. G., Shive J. W. 1945. The importance of oxygen in the nutrient

- substrate for plants-relation of the nitrate ion to respiration. *Soil Sci.* 59: 450-460.
- Gumińska Z., Gracz-Nalepka M., 1972. Opracowanie optymalnych dawek i form makro- i mikroelementów pożywki hydroponicznej w metodzie wrocławskiej przy równoczesnym działaniu humianów. *Acta Agrobot.* 25: 89-116.
- Gumińska Z., Gracz-Nalepka M., Łukasiewicz B., Sobolewicz E., Turkiewicz T., 1975. Wpływ niektórych detergentów i humianu oraz rodzaju ściółek na plon pomidorów w uprawie hydroponicznej. *Acta agrobot.* 28: 205-215.
- Gumińska Z., Gumiński S., 1976. Próchnicowa uprawa hydroponiczna roślin. Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego Seria B. nr 192. Ossolineum, Wrocław.
- Gumińska Z., Kobierzyńska-Gołąb Z., 1976. Rhizosphere bacteria nitrate and ammonium salts in hydroponic cultures of lettuce. *Proceedings Fourth International Congress On Soilless Culture, Las Palmas, IWOSC*: 209-214.
- Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., Skrabka H., 1957. Badania nad oddychaniem korzeni cz. II. *Acta Soc. Bot. Pol.* 26: 631-645.
- Hofstra J. J., Koch-Bosma T., 1970. Organic phosphate in ammonium and nitrate fed tomato plants. *Acta Botanica Nederlandica* 19: 545-552.
- Lüdders P., 1976. The effect of ammonium and nitrate on apple tress in sand culture. *Proceedings of Fourth International Congress on Soilless Culture, Las Palmas 25 October—1 November*: 189-207.
- Łotocki A., Żelawski W., 1973. Effect of ammonium and nitrate source of nitrogen on productivity of photosynthesis in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings. *Acta Soc. Bot. Pol.* 42: 599-605.
- Maksimow A., 1929. Studia nad fizjologiczną reakcją soli amonowych i azotanów. *Rocz. Nauk rol.* 22: 33-88.
- Mejbaum-Katzenellenbogen W., 1969. Kurs praktyczny z biochemii. PWN, Warszawa.
- Poskuta J., 1961. Nowe aspekty roli azotanów względnie soli amonowych jako źródło azotu dla roślin. I i II. *Acta Soc. Bot. Pol.* 30: 195-262.
- Prianisznikow D., 1951. Azot w życiu rośliny. PWRiL, Warszawa.
- Stabrowska J., 1959. Wzrost roślin na azotanach lub na solach amonowych w zależności od stopnia natlenienia podłoża. *Acta Soc. Bot. Pol.* 28: 589-620.
- Stabrowska J., Dziewulska J., 1970. Wpływ przewietrzania pożywki azotanowej względnie amonowej na wzrost pomidorów w obecności humianu, EDTA oraz miedzi i manganu. *Acta Soc. Bot. Pol.* 39: 123-140.
- Stabrowska J., Paściak A., 1971. Wzrost pomidorów na pożywce azotanowej lub amonowej w obecności różnych form i zróżnicowanych ilości żelaza. *Acta Soc. Bot. Pol.* 40: 276-294.
- Strebeiko P., 1932. Wpływ temperatury na fizjologiczną reakcję azotanu amonowego. *Rocz. Nauk. rol.* 38: 357-370.
- Suder-Moraw A., Buczek J., 1977. Nitrogen assimilation and nitrate reductase activity in tomato seedlings I i II cz. *Acta Soc. Bot. Pol.* 46: 259-283.
- Zajączkowska J., 1973. Gas exchange and organic matter production of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings grown in water culture with ammonium or nitrate form of nitrogen. *Acta Soc. Bot. Pol.* 42: 607-615.
- Warburg O., Negelein E., 1920. Über die Reduktion der Salpetersäure in grünen Zellen. *Biochem. Ztschr.* 110: 66-115.
- Withan F. H., Blaydes D. F., Devlin R. M., 1971. Experiments in Plant Physiology, Van Nostrand Reinhold Company.
- Zsoldos F., 1972. Ion uptake by cold-injured rice roots. *Plant Soil* 37: 469.