Wpływ fotoperiodu na wykorzystanie makroskładników na przykładzie pomidorów i szpinaku

E. BOROWSKI

Zakład Fizjologii Roślin Instytutu Przyrodniczego Podstaw Produkcji Roślinnej
Akademii Rolniczej w Lublinie

(Otrzymano dn. 15 XII 1978)

E. Borowski (*Institute of Natural Principles of Plant Production, Agricultural College, 20-033 Lublin*) *Acta Agrobotanica* 34 (1) 000-000, 1981

Influence of the photoperiod on the utilization of macronutrients as observed in tomatoes and spinach

Abstract

Investigations on the influence of the photoperiod on the utilization of mineral nutrients by tomatoes, 'Karzełek Chodowski' cv. and spinach 'Matador' cv. were performed in a phytotron. The biomass of experimental plants increased with the length of the photoperiod, for tomatoes and spinach from 9 to 16 and from 9 to 14 hours depending on the concentration of nutrient solution. The percentage of macronutrients in the biomass of both plants increased, the higher the salt concentration of the solution, only during the appropriate length of the day. The utilization of mineral nutrients regardless of their concentration reached a maximum for tomatoes and spinach in the conditions of 16 and 11 hour day respectively.

WSTĘP

Stosowane obecnie intensywne nawożenie mineralne roślin wiąże się bardzo często z powstawaniem w środowisku odżywczym wysokiego stężenia składników pokarmowych. Jest to czynnik oddziałujący ujemnie, zwłaszcza na rośliny młode (Uziak i in., 1975). Reakcja roślin na względnie wysokie stężenie składników mineralnych w pożywce uzależniona jest jednakże w dużym stopniu od warunków świetlnych. Światło wpływa bowiem pośrednio na pobieranie i rozmieszczenie składników mineralnych w roślinie. Związane jest to zarówno z udziałem składników mineralnych w procesie fotosyntezy (Stocking i Ongun, 1962; Larkum, 1968), jak też i z gromadzeniem w roślinie energii w procesie fotosyntezy niezbędnej do aktywnego pobierania i transportu jonów. Dotychczasowe badania na temat roli światła w procesie intensywnego

żywienia roślin dotyczyły głównie wpływu natężenia światła (Czer-niawska i Nicziporowicz, 1966; Pudelski, 1965; Paszczenko i in., 1971; Borowski, 1977).

W podjętych badaniach starano się określić, jak przy wysokim stężeniu soli różnicowana długość dnia wpływa na vegetację i wykorzystanie podstawowych makroskładników przez pomidory i szpinak.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były pomidory (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odmiany 'Karzełek Chodowski' — roślina obojętna fotoperiodycznie oraz szpinak (*Spinacia oleracea* L.) odmiany 'Matador' — roślina dnia długiego. Rośliny uprawiano w fitotronie przy świetle fluorescencyjnym o intensywności 9000 lx i zróżnicowanym okresie oświetlenia wynoszącym 9, 11, 14, 16 i 18 godzin w ciągu doby. Nasiona roślin wysiewano do misek a po około 3 tygodniach, gdy siewki wykształciły pierwszą parę liści właściwych, przepikowywano je do doniczek ceramicznych o pojemności 2 l, napełnionych piaskiem kwarcowym. Poszczególne serie doświadczeń złożone były z 8 powtórzeń.

Zywnienie mineralne w doświadczeniach stosowano zgodnie z propozycją Hoaglanda wprowadzając dla pomidorów stężenie soli 2,5- i 4-krotnie zwiększone, a dla szpinaku 2- i 3-krotnie zwiększone. Zakres stężeń ustalono na podstawie wcześniejszego doświadczenia (Borowski, 1977).

Podstawowe stężenie pożywki Hoaglanda (1 Hoagl.) zawiera w 1 l roztworu 210 mg N, 73 mg P₂O₅, 290 mg K₂O, 280 mg CaO, 80 mg MgO i 64 mg S. Obok wymienionych makroskładników rośliny otrzymały po 5 ml 1% roztworu cytrynianu żelaza i roztworu mikroelementów A-Z. Pożywkę mineralną dla uniknięcia zasolenia podano w 3 porcjach w okresie dwóch pierwszych tygodni vegetacji. Objętość jednej porcji pożywki przy stężeniu soli 2 Hoagl. wynosiła 60 ml roztworu, przy stężeniach wyższych proporcjonalnie więcej. Wilgotność piasku w okresie całej vegetacji utrzymywano na poziomie 60% pełnej pojemności wodnej. W doświadczeniu z pomidorami w jednym wazonie rosły 2 rośliny, zaś w doświadczeniu ze szpinakiem 3 rośliny.

Zbioru roślin pomidorów dokonano dwukrotnie, tj. po 5 tygodniach od pikowania siewek do wazonów (pełny wzrost vegetatywny) i 8 tygodniach (kwitnienie pierwszego grona kwiatostanowego). Zbiór szpinaku przeprowadzono jednorazowo, po 9 tygodniach od pikowania siewek (pełne wykształcenie rozet liściowych). W wariantach doświadczenia, w których zastosowano długi dzień (16 i 18 godzin), rośliny likwidowano w fazie inicjacji pędów kwiatostanowych.

Materiał roślinny w przypadku pomidorów dzielono na liście, łodygi i korzenie, zaś u szpinaku na liście i korzenie. Następnie określono

powietrznie suchą masę tych części roślin. Dane liczbowe poddano analizie statystycznej stosując metodę klasyfikacji krzyżowej oraz przedziały ufności Tukeya.

W suchej masie części nadziemnych i korzeni roślin oznaczono procentową zawartość N-ogólnego — metodą Kjeldahla, P_2O_5 — metodą wanadowo-molibdenianową oraz K_2O i CaO przy użyciu fotometru płomieniowego. W częściach nadziemnych oznaczono zawartość MgO metodą Drosdoffa-Nearpassa i Fe — metodą ortofenantrolinową. Następnie określono zawartość w masie całych roślin N , K_2O , P_2O_5 , CaO oraz w częściach nadziemnych MgO i Fe . Porównując zaś ilość makroskładników podaną roślinom do podłoża z ilością pobraną i zgromadzoną w wyprodukowanej biomase, określono procent ich wykorzystania.

WYNIKI

Przebieg wegetacji roślin

Wegetacja pomidorów i szpinaku była uzależniona od współdziałania pomiędzy stężeniem pożywki a długością fotoperiodu. Pomidory w warunkach 9, 11, i 14-godzinnego oświetlenia przez cały okres wegetacji wyraźnie lepiej rosły przy stężeniu pożywki 2,5 Hoagl. niż 4 Hoagl. (fot. 1). Natomiast przy dłuższym fotoperiodzie wpływ stężenia pożywki na wzrost roślin nie był tak wyraźny (fot. 2). Niezależnie zaś od zróżnicowanego żywienia mineralnego najlepiej rosły i rozwijały się rośliny w warunkach 16- i 18-godzinnego dnia.

14 godzin światła wykazywały właściwy rozwój w obu zastosowanych

Fot. 1. Pomidory w warunkach 9-godzinnego fotoperiodu, zasilane zróżnicowanym stężeniem soli mineralnych: 42 — 2,5 Hoagl., 67 — 4 Hoagl.

Phot. 1. Tomatoes cultivated with a 9 hour photoperiod supplemented with different concentrations of mineral salts: 42 — 2,5 Hoagl., 67 — 4 Hoagl.

Fot. 2. Pomidory w warunkach 16-godzinne go fotoperiodu, zasilane zróżnicowanym stężeniem soli mineralnych: 26 — 2,5 Hoagl., 32 — 4 Hoagl.

Phot. 2. Tomatoes cultivated with a 16 hour photoperiod supplemented with different concentrations of mineral salts: 26 — 2,5 Hoagl., 32 — 4 Hoagl.

Zróżnicowane warunki żywienia mineralnego i światła wpłynęły znacznie wyraźniej na wzrost szpinaku. Rośliny korzystające z 9, 11 i

Fot. 3. Szpinak zasiany trzykrotnie zwiększonym stężeniem soli mineralnych (3 Hoagl.) w warunkach zróżnicowanego fotoperiodu: a — fotoperiod 16 godz., b — fotoperiod 11 godz.

Phot. 3. Spinach supplemented with a threefold increased dose of mineral salts (3 Hoagl.) with different photoperiods: a — photoperiod 16 hours, b — photoperiod 11 hours.

stężeniach pożywki. Wykształcone w tych warunkach rozety liściowe szpinaku złożone były z dużej liczby grubych, okrągłowałnych, ciemnozielonych liści. Wyraźnie natomiast reagowały rośliny na stężenie soli w środowisku odżywczym przy oświetleniu 16- i 18-godzinny. W warunkach dnia, który nie sprzyjał wzrostowi roślin, korzystniej na wegedach, wystąpiła u pomidorów w obu terminach zbioru (tab. 1).

Plony biomasy roślin

Pomidory niezależnie od długości fotoperiodu wykazywały wyższą produktywność przy zasilaniu pożywką 2,5 Hoagl. niż 4 Hoagl. Hamujący wpływ wysokich stężeń roztworu pokarmowego był znacznie większy przy krótkiej ekspozycji światła 9 i 11 godzin niż przy oświetleniu 16- lub 18-godzinny. Zależność ta, bardziej wyraźna u roślin młodych, wystąpiła u pomidorów w obu terminach zbioru (tab. 1).

Istotny wpływ na produkcję masy pomidorów wywierał także fotoperiod. Najwyższy plon uzyskano przy fotoperiodzie 16-godzinny, skrócenie jak też wydłużenie czasu dobowej ekspozycji światła obniżało produkcję masy wegetacyjnej.

Rośliny szpinaku osiągały najwyższą produktywność przy stężeniu soli mineralnych 3 Hoagl. i oświetleniu wynoszącym 11 i 14 godzin. W warunkach 9-godzinnego oświetlenia produktywność roślin przy obu stężeniach pożywki była zbliżona. Natomiast przy fotoperiodzie 16- i 18-godzinny wyraźnie wyższe plony wydały rośliny korzystające z niższego stężenia soli. Zatem w produktywności szpinaku zaznaczył się wpływ współdziałania stężenia pożywki i długości fotoperiodu (tab. 1).

Zróznicowane warunki żywienia mineralnego i światła wpłynęły także na stosunek części nadziemnych do korzeni u obu roślin. W warunkach krótkiego dnia wyższe stężenie pożywki wpływało ograniczająco na wzrost korzeni, w wyniku czego zwiększał się stosunek części nadziemnych do korzeni, zwłaszcza u roślin starszych (tab. 2). Zależność ta nie wystąpiła u roślin rosnących w warunkach dnia długiego.

Zawartość i wykorzystanie makroskładników w plonach roślin

Udział procentowy składników mineralnych w masie obu roślin był uzależniony w pewnym stopniu od współdziałania żywienia mineralnego i długości fotoperiodu. Zawartość procentowa składników mineralnych zmieniała się przy tym wyraźniej w masie szpinaku niż pomidorów (tab. 3).

Najniższą procentową zawartość azotu, potasu i fosforu stwierdzono w liściach roślin szpinaku wyrosłych przy 14-godzinny, zaś wapnia i magnezu przy 9-godzinny oświetleniu.

Tabela 1—Table 1

Srednie plony suchej masy pomidorów i szpinaku w zależności od stężenia soli mineralnych i długości fotoperiodu
Average yields of dry weight of tomatoes and spinach depending on the mineral salt concentration and photoperiod

Stężenie soli mineralnych Average concentration of mineral salts	Średni plon suchej masy w g/wazon Average yield of dry weight in g/pot					dla stężen for conc.	Najmniejsza udowodniona różnica (NUR) przy p=0,95 Least significant difference (LSD) at p=0,95	
	Fotoperiod w godzinach Photoperiod in hours						NUR _S dla stężenia for concentratin	NUR _S ×F dla współdziałania for interaction
	9	11	14	16	18			
2,5 Hoagl.	3,0	3,1	3,1	3,6	2,9	3,2	NUR _S — 0,26	NUR _S ×F — nieistotne not significant
4,0 Hoagl.	1,5	1,8	2,3	3,4	2,8	2,4		
Dla fotoperiodu For photoperiod	2,3	2,4	2,7	3,5	2,9		NUR _F — 0,42	
pomidory — pełny wzrost wegetatywny tomatoes — full vegetative growth								
2,5 Hoagl.	7,1	7,2	10,0	12,4	11,1	9,6	NUR _S — 0,67	NUR _S ×F — nieistotne
4,0 Hoagl.	4,7	6,3	8,9	12,7	10,1	8,5		
Dla fotoperiodu For photoperiod	5,9	6,7	9,4	12,6	10,6		NUR _F — 0,82	
szpinak — pełny wzrost wegetatywny spinach — full vegetative growth								
2,5 Hoagl.	3,6	4,8	5,0	2,3	2,0	3,5	NUR _S — nieistotne	NUR _S ×F — 0,88
3,0 Hoagl.	3,5	5,5	5,8	1,9	1,7	3,7		
Dla fotoperiodu For interaction	3,5	5,2	5,4	2,1	1,9		NUR _F — 0,54	

Tabela 2—Table 2

Wpływ stężenia soli mineralnych
przy zróżnicowanej długości fotoperiodu
na stosunek plonu części nadziemnych do korzeni
u pomidorów i szpinaku

Effect of mineral salt concentration with differentiated
photoperiod length on the ratio of the yield
of above-ground parts to roots in tomatoes and spinach

Stężenie soli mineralnych Mineral salt concentration	Fotoperiod w godzinach Photoperiod in hours				
	9	11	14	16	18
pomidory — pełny wzrost wegetatywny tomatoes — full vegetative growth					
2,5 Hoagl.	6,32	7,37	3,46	3,44	5,53
4 Hoagl.	4,53	3,88	3,28	3,53	5,11
pomidory — kwitnienie I grona tomatoes — flowering of first cluster					
2,5 Hoagl.	7,93	7,11	7,51	6,55	5,23
4 Hoagl.	12,45	10,42	5,90	6,81	5,29
szpinak — pełny wzrost wegetatywny spinach — full vegetative growth					
2 Hoagl.	4,56	5,66	5,64	3,71	4,10
3 Hoagl.	4,78	6,56	7,33	3,36	4,12

Wzrastające stężenie pożywki przy oświetleniu 9-, 11- i 14-godzinnym wpływało na wzrost zawartości w masie szpinaku wszystkich analizowanych makroskładników. Dalsze zaś wydłużenie dnia (16 i 18 godzin) przy zwiększonym stężeniu soli mineralnych wpływało tylko na wzrost procentowej zawartości fosforu i wapnia. Zawartość natomiast pozostałych składników (azotu, potasu i magnezu) na ogół zmniejszała się (tab. 3).

Rośliny pomidorów w okresie poprzedzającym kwitnienie wykazywały przeważnie wyższą procentową zawartość N, K_2O , P_2O_5 i CaO w wyniku współdziałania wyższego stężenia soli mineralnych (4 Hoagl.) i wydłużającego się fotoperiodu od 9 do 16 godzin. Dalsze wydłużanie czasu oświetlenia roślin nie wywierało jednoznacznego wpływu na zawartość składników mineralnych. W okresie kwitnienia, niezależnie od długości fotoperiodu, wyższe stężenie soli w podłożu powodowało wzrost zawartości makroskładników w masie roślin (tab. 3).

Tabela 3—Table 3

Wpływ stężenia soli mineralnych i długości fotoperiodu
na procentową zawartość makroskładników
w liściach pomidorów i szpinaku
Effect of mineral salt concentration and length of photoperiod
on percentage composition of macrocomponents
in spinach and tomato leaves

Stężenie soli w pożywce Hoaglanda Salt concentration in Hoagland medium	Makro- składniki Macro- components	Fotoperiod w godzinach Photoperiod in hours				
		9	11	14	16	18
pomidory — pełny wzrost wegetatywny tomatoes — full vegetative growth						
2,5	N	5,7	6,0	5,7	5,8	5,4
	K ₂ O	5,9	6,2	5,2	5,7	5,8
	P ₂ O ₅	1,1	1,5	1,1	1,0	1,1
	CaO	4,8	2,8	3,3	3,8	3,7
4	N	5,7	5,9	5,3	5,7	5,4
	K ₂ O	6,0	6,3	6,8	5,8	5,4
	P ₂ O ₅	1,3	1,4	1,2	1,2	1,3
	CaO	4,9	3,8	3,9	4,6	3,1
pomidory — kwitnienie I grona tomatoes — flowering of first cluster						
2,5	N	5,3	5,6	3,5	4,7	3,7
	K ₂ O	6,8	6,3	6,1	5,4	5,2
	P ₂ O ₅	1,0	0,9	0,8	0,6	0,7
	CaO	3,4	2,2	3,0	3,8	3,0
4	MgO	1,4	1,1	1,0	1,0	0,9
	N	5,4	5,3	5,2	5,5	4,6
	K ₂ O	6,4	6,5	6,5	6,1	5,3
	P ₂ O ₅	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
	CaO	4,4	4,1	3,7	4,8	3,3
	MgO	1,3	1,3	1,1	1,0	1,1
szpinak — pełny wzrost wegetatywny spinach — full vegetative growth						
2	N	5,2	4,5	4,1	5,1	5,2
	K ₂ O	10,2	9,5	9,0	9,3	10,6
	P ₂ O ₅	1,3	1,2	1,0	1,2	1,7
	CaO	1,0	1,7	1,3	1,5	2,0
3	MgO	1,2	1,3	1,3	1,7	1,7
	N	5,3	4,9	4,5	4,8	5,2
	K ₂ O	10,6	10,1	9,4	8,9	10,7
	P ₂ O ₅	1,7	1,5	1,2	1,9	2,0
	CaO	0,9	1,8	1,3	2,0	2,2
	MgO	1,2	1,4	1,5	1,5	1,7

Rys. 4. Gromadzenie i wykorzystanie makroskładników przez pomidory w zależności od stężenia soli mineralnych w pożywce i długości fotoperiodu: A — pełny wzrost wegetatywny, B — kwitnienie, 1-2,5 Hoagl., 2-4 Hoagl.

Fig. 4. Accumulation and use of macroelements by tomatoes depending on the mineral salt concentration in the medium and the length of the photoperiod: A — full vegetative growth, B — flowering, 1-2,5 Hoagl., 2-4 Hoagl.

Rys. 5. Gromadzenie i wykorzystanie makroskładników przez szpinak w zależności od stężenia soli mineralnych w pożywce i długości fotoperiodu: 3-2 Hoagl., 4-3 Hoagl.
 Fig. 5. Accumulation and use of macroelements by spinach depending on the mineral salt concentration in the medium and the length of the photoperiod: 3-2 Hoagl., 4-3 Hoagl.

Gromadzenie makroskładników w plonach obu roślin i związane z tym wykorzystanie z roztworu odżywczego było uzależnione zarówno od stężenia pożywki, jak i długości fotoperiodu. Pomidory w okresie wzrostu wegetatywnego, niezależnie od długości fotoperiodu więcej gromadziły składników mineralnych z niższego stężenia pożywki (2, 5 Hoagl.). Różnice jednak w nagromadzeniu makroskładników z pożywki 2, 5 i 4 Hoagl. przez rośliny wyrosłe przy dniu 16-godzinnym i dłuższym są znacznie mniejsze niż przy dniu krótkim (rys. 4). Kwitnące zaś rośliny pomidorów tylko w warunkach krótkiego dnia (9, 11 godz.) gromadziły więcej składników mineralnych z pożywki o niższym stężeniu soli (rys. 4 i 6).

Wpływ stężenia soli w pożywce i długości fotoperiodu na gromadzenie składników mineralnych w biomasie szpinaku był odmienny jak u pomidorów. Intensywniejsze gromadzenie wszystkich analizowanych składników z pożywki o wyższym stężeniu (3 Hoagl.) zachodziło przy fotoperiodzie 9, 11 i 14 godz. Dalsze wydłużanie czasu oświetlenia roślin wpływało na wyraźne obniżenie gromadzenia makroskładników. W tych warunkach korzystniejsza okazała się pożywka o mniejszym stężeniu (rys. 5 i 6).

Rys. 6. Gromadzenie żelaza w biomasie części nadziemnych pomidorów i szpinaku w zależności od stężenia soli mineralnych i długości fotoperiodu: C — pomidory (faza kwitnienia), D — szpinak, 1-2,5 Hoagl., 2-4 Hoagl., 3-2 Hoagl., 4-3 Hoagl.
 Fig. 6. Accumulation of iron in the biomass of the above-ground parts of tomatoes and spinach depending on the mineral salt concentration and the length of the photoperiod: C — tomatoes (flowering stage), D — spinach, 1-2,5 Hoagl., 2-4 Hoagl., 3-2 Hoagl., 4-3 Hoagl.

DYSKUSJA

Zagadnienie wpływu intensywności światła na produktywność roślin w warunkach wysokiego stężenia soli w podłożu było przedmiotem badań Czerniawskiej i Nicziporowicza (1966), Pudelskiego (1965), Paszczenki i in. (1971), Borowskiego (1977). Autorzy wymienionych prac stwierdzają, że do właściwej wegetacji roślin w warunkach intensywnego nawożenia niezbędne jest światło o odpowiednio wysokiej intensywności. Niewiele jest natomiast danych w literaturze uwzględniających wpływ zróżnicowanej długości fotoperiodu na produktywność roślin rosnących w podłożu o wysokim stężeniu soli mineralnych. Na podstawie wyników uzyskanych w przeprowadzonych doświadczeniach można stwierdzić, że długi fotoperiod wywiera podobny wpływ na wzrost i rozwój roślin zasilanych wysokimi dawkami soli mineralnych, jak intensywne światło. Wydłużający się jednak czas oświetlenia tylko wtedy korzystnie oddziałuje na rośliny, kiedy jest zgodny z ich wymaganiami fotoperiodycznymi. Odpowiednia długość fotoperiodu sprzyja również pobieraniu przez rośliny składników mineralnych zwłaszcza z wyższych stężeń pożywki. Rośliny rosnące w podłożu o wyższym stężeniu soli na ogół charakteryzowała wzrastająca zawartość procentowa makroskładników w przypadku pomidorów w warunkach dnia od 9 do 16 godzin, a szpinaku, od 9 do 14 godzin. Obserwację tę potwierdzałyby w pewnym stopniu badania Cybulki (1974), przeprowadzone na kilku gatunkach roślin, który stwierdził, że pobieranie soli mineralnych z podłoża, ich nagromadzanie i przemieszczanie zachodzi przede wszystkim w korzystnych warunkach fotoperiodycznych. Fotoperiod zapewniający właściwy wzrost i rozwój roślin okazał się również najbardziej korzystny w procesie gromadzenia składników mineralnych zwłaszcza z wyższego stężenia soli.

Największym bowiem gromadzeniem, a zatem i wykorzystaniem makroskładników, charakteryzowały się pomidory wyrosłe przy fotoperiodzie zbliżonym do 16 godzin dnia, a szpinak przy dniu krótkim (11 godzin). Podobne wyniki w odniesieniu do gromadzenia potasu i fosforu w biomase pszenicy pod wpływem wydłużającego się fotoperiodu uzyskała Ward (1958). Związane jest to niewątpliwie z intensywną rozbudową aparatu fotosyntetycznego roślin w korzystnych warunkach fotoperiodycznych. Wytworzona pod wpływem dłużej trwającego oświetlenia zwiększona ilość chloroplastów wiąże prawdopodobnie intensywniej pobierane składniki mineralne. Jak podaje bowiem Stocking i Ongun (1962) oraz Larkum (1968) aż 40% całkowitego potasu, 48% magnezu i 75% azotu w liściach znajduje się w chloroplastach.

WNIOSKI

1. Pomidory i szpinak właściwie wykorzystywały wysokie stężenia składników mineralnych z pożywki tylko przy długim okresie oświetlenia, odpowiednio dostosowanym do wymagań fotoperiodycznych roślin.

2. Niezależnie od stężenia pożywki, na produktywność pomidorów korzystnie wpływał okres oświetlenia wzrastający od 9 do 16 godzin, a dla szpinaku od 9 do 14 godzin w ciągu doby.

3. Zawartość procentowa azotu, potasu, fosforu i wapnia w masie roślin zwiększała się przy wzroście stężenia soli w pożywce, tylko w warunkach odpowiedniego fotoperiodu.

4. Gromadzenie i wykorzystanie makroskładników było największe dla pomidorów przy 16-godzinny, a dla szpinaku przy 11-godzinny oświetleniu. Skrócenie jak również wydłużenie dnia wyraźnie obniżało gromadzenie i związane z tym wykorzystanie makroskładników z podłoża.

STRESZCZENIE

Doświadczenia nad wpływem fotoperiodu na wykorzystanie składników mineralnych przez pomidory i szpinak przeprowadzono w kulturach piaskowych przy świetle fluorescencyjnym o intensywności 9000 lx i fotoperiodzie o długości 9, 11, 14, 16 i 18 godzin. Do nawożenia użyto pożywkę Hoaglanda wprowadzając dla pomidorów stężenie soli zwiększone 2,5- i 4-krotnie, a dla szpinaku zwiększone 2-3-krotnie.

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że plon biomasy roślin zwiększał się niezależnie od stężenia pożywki, przy wydłużaniu fotoperiodu dla pomidorów od 9 do 16 godzin, a dla szpinaku od 9 do 14 godzin. Zawartość procentowa makroskładników w biomasie obu roślin zwiększała się przy wzroście stężenia soli w pożywce tylko przy odpowiednio długim dniu. Wykorzystanie składników mineralnych, niezależnie od ich stężenia, było najwyższe dla pomidorów przy 16-godzinny dniu, a dla szpinaku przy 11-godzinny dniu.

LITERATURA

- Borowski E., 1977. Współdziałanie pomiędzy koncentracją pożywki a intensywnością światła w procesie wykorzystania składników mineralnych przez rośliny. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. C, XVII*: 75-88.
- Cybulko W. S., 1974. Kratkiy obzor rezultatow izuczenija troficznych zakononomiornostiej fotoprierojodizma rastienij. *Zb. naucz. trud. Wsez. Selekc.-Genet. Instytutu*, 11: 109-115.
- Czerniawska N. M., Nicziporowicz A. A., 1966. O garmoniczeskom soczietanij usłowij oswiezczenosti i azotnogo pitaniija. W zb. *Fotosintezirujuszcze sistemy vysokoj produktiwnosti*. Izdatielstwo „Nauka”, Moskwa.
- Larkum A. W. O., 1968. Ionic relations of chloroplasts in vivo. *Nature* 218: 447-449.
- Paszczenko W. N., Murej J. A., Nicziporowicz A. A. 1971. Issledowanije fizjologičeskich osobennostiej tomatow w zawisimosti ot inten-

- siwnosti swieta, koncentracji elementow mineralnego pitania i cenoticzesko-go wzaimodejstwija rastienij. Fizjol. Rast. 18: 1134-1140.
- Pudelski T., 1966. Uprawa bez ziemi warzyw w szklarni. Roczn. WSR Poznań XXIX: 217-222.
- Stocking C. R., Ongun A., 1962. The intracellular distribution of some metallic elements in leaf. Amer. J. Bot., 49: 284-289.
- Uziak Z., Borowski E., Dąbski M., 1975. Reakcja pomidorów i kuku-rydzy na zwiększoną koncentrację soli mineralnych w kulturach wodnych. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, XXX: 213-225.
- Ward G. M., 1958. Potassium in plant metabolism. I. Effects of light on the mineral composition of normal and potassium-deficient wheat seedlings. Can. J. Plant Sci. 38: 292-299.