Wpływ humianu sodu i fulwokwasów z torfu na wzrost pomidorów, zawartość chlorofilu oraz kształtowanie się stosunku fosforu do żelaza w liściach

Der Einfluss des Na-Humats und der Fulvosäuren auf das Wachstum der Tomaten, den Chlorophyllgehalt und das Verhältnis P/Fe in deren Blättern

A. SIENKO i A. SZCZYPEK

W licznych doświadczeniach wegetacyjnych stwierdzono stymulujący wpływ zarówno humianów, jak i fulwokwasów na rozwój roślin. Rozległe badania nad działaniem związków próchnicznych na rośliny przeprowadzili Niklewski i współpracownicy (Niklewski i Wojciechowski 1938, 1947). Stwierdzili oni, że zarówno humian sodowy, jak też i oczyszczony kwas huminowy, a także i fulwokwasy — niezależnie od tego, czy otrzymane były z kompostu czy torfu — działały pobudzająco na wzrost prawie wszystkich roślin doświadczalnych, co objawiało się w silnym rozwoju pędów i korzeni. Pod wpływem związków próchnicznych liście roślin stają się bogatsze w chlorofil, przybierają barwę intensywniej zieloną.

Obserwacje te potwierdziły badania Práta i współpracowników (1960, 1964), wykazujące korzystny wpływ oksyhumulitów i fulwokwasów na wzrost suchej masy pędów oraz stężenie chlorofilu w liściach. Prace te jednak nie wyjaśniały mechanizmu fizjologicznego działania związków próchnicznych na rośliny. Olsen (wg Schroppa 1951) oraz De Kock (1954) wysunęli przypuszczenie, że korzystny wpływ kwasu huminowego na wzrost roślin jest wynikiem kompleksującego działania substancji huminowej, która czyni żelazo w pożywce bardziej dostępnym.

Gumiński, Gumińska, Sulej (1965) oraz Czerwiński (1967) wykazali, że w nie wietrzonych kulturach wodnych hamuje wzrost roślin i wywołuje chlorozę nie tyle brak tlenu, co żelaza, które wytrąca się w formie osadu fosforanu lub wodorotlenku. Dobra wegetacja w kulturach wietrzonych polega nie tyle na natlenieniu pożywki, co na udostępnieniu żelaza przez dokładne mieszanie osadu. Dodatek humianu do nie wietrzonych kultur wodnych zapobiega wytrącaniu się żelaza, umożliwiając życie siewek nie sięgających korzeniami osadu.

Z licznych prac De Kocka (1954, 1955) i współpracowników (De Kock i Hall 1955; De Kock i Morrison 1958), wynika, że czynnikiem decydującym o chlorozie jest nie tyle całkowita ilość żelaza w roślinie, lecz raczej stosunek fosforu do żelaza. Rośliny chlorotyczne wykazują wysoki stosunek P/Fe, zdrowe — niski stosunek. Zbyt wysoki stosunek wywołuje objawy braku żelaza, zbyt niski — zatrucia żelazem lub objawy deficytu fosforu. Podobne wyniki otrzymali Badurowa, Gumiński i Suder-Moraw (1967).

Wobec doniesień Niklewskiego oraz Práta o stymulującym wpływie zarówno fulwokwasów, jak i humianów na wzrost roślin i zawartość chlorofilu, wydało się interesujące porównać efektywność fulwokwasów i humianu sodu i zbadać, czy istnieje różnica w efektywności tych związków pochodzących z różnych źródeł — z torfu niskiego i wysokiego.

W doświadczeniach postanowiono zwrócić uwagę nie tylko na wzrost roślin i objawy chlorozy, lecz poddano również badaniu stężenie żelaza w górnych warstwach pożywki oraz zawartość żelaza, fosforu i chlorofilu w liściach roślin.

METODYKA DOŚWIADCZEŃ

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono metodą kultur wodnych na siewkach pomidorów wykiełkowanych w piasku. Po ukazaniu się pierwszych dwóch listków siewki umieszczono w pożywce sporządzonej wg Hampe i Truffaut* zmodyfikowanej pod względem składu mikroelementów w ten sposób, iż stosowano tzw. roztwór pierwszy A—Z Hoaglanda uzupełniony molibdenem. Używano słoików szklanych o pojemności ok. 1400 ml i wysokości 23 cm, które wypełniano pożywką tak, aby małe siewki zanurzone były po szyjkę korzeniową. Humian sodowy i fulwokwasy otrzymano z torfu wysokiego i niskiego stereotypowym sposobem opisywanym w pracach Gumińskiego (1950).

Przesiany torf zalewano 1% roztworem kwasu solnego aż do ustalenia pH ok. 2. Mieszaninę tę pozostawiono na 24 godz. Po upływie tego czasu całość przesączono i płukano wodą destylowaną aż do zaniku reakcji na jony chlorkowe. Po dokładnym przemyciu i przeniesieniu osadu do naczynia poddano go ekstrakcji 1% roztworem wodorotlenku sodu i pozostawiono na 24 godz. Następnie odsączono tzw. surowy humian od części ziemistych i koagulowano przesącz 15% kwasem solnym.

* Skład używanej pożywki na 1 litr wody destylowanej:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	— 0,71 g
KNO_3	— 0,57 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	— 0,28 g
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	— 0,14 g
FeCl_3	— 0,11 g
Mikroelementy A—Z	— 1 ml

Odsączono fulwokwasy, a żel kwasu huminowego po przemyciu wodą destylowaną rozpuszczono w silnie rozcieńczonym wodorotlenku sodu, otrzymując humian sodowy.

Roztwór humianu i fulwokwasów dodawano w ilości odpowiadającej 50 mg suchej masy organicznej na 1 litr pożywki. Siewki wkładano do słoików po 6 godzinach od momentu rozlania pożywki (gdy osad fosforanu żelaza prawie całkowicie opadł na dno). Rośliny rosły w szklarni przy naturalnym oświetleniu. Stosowano 6 równoległych powtórzeń, przy czym za jedno powtórzenie uważano kulturę 4 roślin w jednym słoju. Po zakończeniu doświadczenia wegetacyjnego oznaczano stężenie chlorofilu w 1 g świeżej masy liści metodą spektrofotometryczną (Paech K., Traeacy M. V. 1955) bądź też rośliny suszono do stałej wagi i oznaczano osobno ciężar korzeni i pędów. Następnie liście oddzielone od łodyg ze wszystkich powtórzeń danej kombinacji sproszkowano w moździerzu i z tak otrzymanego materiału spalano po 1 g suchej masy na mokro mikrometodą wg Pipera (1957). Żelazo oznaczano dwupirydylem po uprzedniej redukcji przy pomocy Na_2SO_3 do postaci dwuwartościowej (Babko i Pilipienko 1955). Fosfor oznaczano w postaci zespolonego związku molibdeniano-fosforowego przy zastosowaniu redukcji tzw. „metolem” (Babko i Pilipienko 1955, s. 216). Kolorymetryczne oznaczenia przeprowadzono przy pomocy fotometru Pulfricha. Analiz żelaza w pożywce dokonano pobierając próby płynu z głębokości 6 cm po 1, 6, 12 i 24 godz. od chwili zamieszania pożywki. Zawartość żelaza oznaczano wyżej podaną metodą.

Obliczenia statystyczne wykonano wg wzoru:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad \begin{array}{ll} m & \text{— średni błąd} \\ x_i - \bar{x} & \text{— różnica między poszczególnym pomiarem} \\ & \text{a średnią arytmetyczną} \end{array}$$

$$M = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad \begin{array}{ll} n & \text{— ilość powtórzeń} \\ M & \text{— średni błąd różnicy} \end{array}$$

Dana wartość jest statystycznie udowodniona, jeżeli różnica pomiędzy porównywanymi wartościami jest dwa razy większa od średniego błędu różnicy (M).

PRZEBIEG I WYNIKI DOŚWIADCZEŃ

Doświadczenie 1

Znaczenie humianu sodu i fulwokwasów w stabilizowaniu żelaza w pożywce

Biorąc pod uwagę fakt, że humian zabezpiecza żelazo przed wytrącaniem się z roztworu pożywki (Czerwinski 1967) postawiono pytanie, czy również i fulwokwasy wykazują podobne działanie, a jeżeli tak, to w jakim stopniu w porównaniu z humianem.

Napełniono słoje używane do doświadczeń pożywką i pobierano próbki z głębokości ok. 6 cm poniżej górnego poziomu pożywki natychmiast po jej zamieszczeniu, a następnie po upływie 1, 6, 12, 24 godz. Kombinacje doświadczenia jak w tabeli 1. Zauważono wyraźny wpływ

Tabela 1 — Tabelle 1

Szybkość opadania żelaza w pożywce pod wpływem fulwokwasów i humianu sodu z torfu niskiego i wysokiego

Die Präzipitation des Eisens in de Nährlösung

Ilość Fe (γ) w 10 ml pożywki

Eisengehalt (γ) in 10 ml der Nährlösung

Godz. Stunden	Torf niski Niedermoor			Torf wysoki Hochmoor		
	Kontrola Kontrolle	Fulwokw. Fulvosäuren	Humian Humat	Kontrola Kontrolle	Fulwokw. Fulvosäuren	Humian Humat
0	220	220	220	220	220	220
1	20	68	82	20	64	80
6	9,6	24	31	9,6	26	32
12	5,0	5,9	9,2	5,0	5,0	9,6
24	2,0	2,0	4,0	2,0	2,5	4,0

humianu i fulwokwasów na utrzymanie żelaza w pożywce. Humian w większym stopniu zabezpieczał żelazo przed wytrącaniem z roztworu pożywki aniżeli fulwokwasy, a rodzaj torfu nie odgrywał przy tym roli.

Doświadczenie 2

Wpływ humianu sodu i fulwokwasów z torfu wysokiego na wzrost pomidorów, oraz na zawartość P i Fe w liściach

Kombinacje doświadczenia:

1. pożywka (kontrola)	} w wersji wietrzanej (przelewano pożywkę ze słoja do słoja) i nie wietrzanej.
2. pożywka + fulwokwasy	
3. pożywka + humian	

Kombinacje te stosowano we wszystkich doświadczeniach vegetacyjnych. Doświadczenie trwało od 9 do 31 maja.

W kulturach przewietrzanych rośliny rozwijały się zdrowo i bez różnicy we wszystkich szeregach. Zieleń była normalna, wzrost mniej więcej jednakowy. W kulturach nie wietrzonych zaobserwowano różnicowanie. W kontroli: silna chloroza, wzrost zahamowany, usychanie liści. W szeregu z fulwokwasami: rośliny lekko chlorotyczne, wzrost lepszy niż w kontroli. Rośliny kultur z humianem zdrowe, normalnie zielone, wzrostem przewyższały silnie rośliny dwóch pozostałych kombinacji. Wyniki liczbowe doświadczenia przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2 — Tabelle 2

Sucha masa pędów i korzeni 4 roślin z jednego słoja (w g)

Srednia z 6 powtórzeń

Trockengewicht der Sprossen und Wurzeln von 4 Pflanzen (in g)

Mittelwerte von 6 Wiederholungen

	Kultury wietrzone Belüftete Kulturen			Kultury niewietrzone Nicht belüftete Kulturen		
	Kontrola Kontrolle	Fulwokw. Fulvosäuren	Humian Humat	Kontrola Kontrolle	Fulwokw. Fulvosäuren	Humian Humat
Pędy Sprossen	1,2288	1,2764	1,2682	0,1826	0,3817	1,1184
Korzenie Wurzeln	0,2052	0,2598	0,2699	0,0421	0,1769	0,1866

Wartości średniego błędu różnicy (Mittelfehlerswerte der Differenz):

Porównane kombinacje Vergleichende Varianten		Różnica między średn. wart. s.m. Differenz zwi- schen der Mittel- werten der Trockenmasse	Średni błąd różnicy (M) Mittelfehler der Differenz
Nie wietrzone (Nicht belüftete)			
Kontrola — humian	P	0,9359	0,06
Kontrolle — Humat	K	0,1445	0,013
Kontrola — fulwokw.	P	0,2002	0,03
Kontrolle — Fulvosäuren	K	0,0348	0,01
Humian — fulwokw.	P	0,7367	0,058
Humat — Fulvosäuren	K	0,1097	0,014
Wietrzone — nie wietrzone (Belüftete — Nicht belüftete)			
Kontrola — kontrola	P	1,0463	0,10
Kontrolle — Kontrolle	K	0,1631	0,03
Fulwokw. — fulwokw.	P	0,8947	0,11
Fulvosäuren — Fulvosäuren	K	0,1829	0,03
Humian — humian	P	0,1498	0,10
Humat — Humat	K	0,0838	0,01

P — pędy (Sprossen); K — korzenie (Wurzeln)

W kulturach wietrzonych we wszystkich trzech kombinacjach nie obserwowano większych różnic w wartościach suchej masy pędów i korzeni. W kulturach nie wietrzonych zauważono wyraźny wzrost suchej masy w kombinacjach z fulwokwasami i humianem. Najwyższy ciężar wykazały rośliny w pożywce z humianem (dorównują prawie kombinacjom wietrzonym), niższy — z fulwokwasami, a najniższy w kontroli. W roślinach kultur wietrzonych stwierdzono wyższą zawartość żelaza

Tabela 3 — Tabelle 3

Zawartość żelaza i fosforu w liściach w mg na 1 g suchej masy
 Gehalt an P und Fe in mg/1g Trockengewicht der Blätter

Kombinacje — Varianten		Fe	P	P/Fe
Wietrzone Belüftete Kulturen	Kontrola Kontrolle	0,520	3,602	6,92
	Fulwokwasy Fulvosäuren	0,640	3,902	6,09
	Humian Humat	0,640	4,037	6,31
Nie wietrzone Nicht belüf- tete Kulturen	Kontrola Kontrolle	0,400	6,103	15,25
	Fulwokwasy Fulvosäuren	0,480	6,11	12,72
	Humian Humat	0,670	4,69	7,00

w liściach aniżeli u roślin kultur nie wietrzonych; zawartość fosforu kształtuje się odwrotnie. W obrębie kultur wietrzonych ilość Fe i P, jak i stosunek P/Fe utrzymuje się mniej więcej na tym samym poziomie. Natomiast w kulturach nie wietrzonych najmniej żelaza zawierają rośliny w kontroli, nieco więcej w kombinacji z fulwokwasami, a najwięcej rośliny szeregu z humianem, gdzie ilość Fe dorównuje kombinacji wietrzonej z humianem. W zawartości fosforu zaobserwowano zależność odwrotną. Stosunek P/Fe maleje od kontroli poprzez kombinacje z fulwokwasami do szeregu z humianem, gdzie wartość jego prawie dorównuje stosunkowi P/Fe w kulturach wietrzonych.

Doświadczenie 3

Wpływ humianu sodu i fulwokwasów z torfu wysokiego na wzrost pomidorów i zawartość chlorofilu w liściach

Doświadczenie trwało od 16 września do 8 października. Obserwacje roślin podczas wegetacji nie różniły się od opisywanych w doświadczeniu 2. Wyniki liczbowe doświadczenia przedstawione zostały w tabeli 4 i 5, wizualne zaś utrwalono na fotografii.

W liściach roślin kultur przewietrzanych nie stwierdzono zasadniczych różnic w zawartości chlorofilu. Natomiast w kulturach nie przewietrzanych wystąpiły istotne różnice pomiędzy poszczególnymi kombinacjami. Największą ilość chlorofilu zawierały rośliny w pożywce z humianem, mniej liście roślin w pożywce z fulwokwasami, a najmniej chlorofilu stwierdzono w liściach roślin w kontroli.

Tabela 4 — Tabelle 4

Długość pędów w cm (średnia z 6 powtórzeń)

Länge der Sprossen in cm (Mittelwerte von 6 Wiederholungen)

Wietrzone Belüftete Kulturen			Nie wietrzone Nicht belüftete Kulturen		
Kontrola Kontrolle	Fulwokwasy Fulvosäuren	Humian Humat	Kontrola Kontrolle	Fulwokwasy Fulvosäuren	Humian Humat
20,0	20,5	21,3	5,8	9,0	17,1

Tabela 5 — Tabelle 5

Zawartość chlorofilu w liściach w mg na 100 g świeżej masy

Chlorophyllgehalt der Blätter in mg/100 g Frischgewicht

Wietrzone Belüftete Kulturen			Nie wietrzone Nicht belüftete Kulturen		
Kontrola Kontrolle	Fulwokwasy Fulvosäuren	Humian Humat	Kontrola Kontrolle	Fulwokwasy Fulvosäuren	Humian Humat
38,395	34,425	39,105	9,568	17,273	28,159

Wartości średniego błędu różnicy (Mittelfehlerwerte der Differenz):

Porównywane kombinacje Vergleichene Varianten	Różnica między średn. wart. stęż. chlorofilu Differenz zwi- schen Mittelwer- ten der Chloro- phyllkonzent- ration	Podwójna war- tość średniego błędu różnicy (M) Verdoppelter Mittelfehlers- werte der Differenz
Nie wietrzone (Nicht belüftete)		
Kontrola — fulwokwasy Kontrolle — Fulvosäuren	7,705	1,726
Kontrola — humian Kontrolle — Humat	18,591	3,536
Fulwokwasy — humian Fulvosäuren — Humat	10,886	3,676
Wietrzone — nie wietrzone (Belüftete — Nicht belüftete)		
Kontrola — kontrola Kontrolle — Kontrolle	28,827	1,524
Fulwokwasy — fulwokwasy Fulvosäuren — Fulvosäuren	21,152	2,430
Humian — humian Humat — Humat	10,946	3,908

Ryc. 1. Zdjęcie doświadczenia vegetacyjnego

Pożywka wietrzona: 1 — kontrola, 2 — pożywka + fulwokwasy, 3 — pożywka + humian
 Pożywka nie wietrzona: 4 — kontrola, 5 — pożywka + fulwokwasy, 6 — pożywka + humian

Lichtbild eines Vegetationsversuches

Belüftete Nährlösung: 1 — Kontrolle, 2 — Nährlösung mit Fulvosäuren, 3 — Nährlösung mit Humat.

Nicht belüftete Nährlösung: 4 — Kontrolle, 5 — Nährlösung mit Fulvosäuren, 6 — Nährlösung mit Humat

Doświadczenie 4

Wpływ humianu i fulwokwasów z torfu niskiego na wzrost pomidorów oraz na zawartość P i Fe w liściach

Okres wegetacji trwał od 17.IX—10.X. Reakcja roślin na dodatek związków próchnicznych była podobna jak w dwóch poprzednich doświadczeniach. Wyniki liczbowe przedstawiają tabele 6 i 7. Wartości

Tabela 6 — Tabelle 6

Zawartość żelaza i fosforu w liściach w mg na 1 g suchej masy
 Gehalt an P und Fe in mg/1g Trockengewicht der Blätter

Kombinacje — Varianten		Fe	P	P/Fe
Wietrzzone Belüftete Kulturen	Kontrola	0,495	4,46	9,01
	Kontrolle			
	Fulwokwasy	0,470	4,29	9,12
	Fulvosäuren			
	Humian	0,425	4,31	8,88
Nie wietrzzone Nicht belüftete Kulturen	Humat			
	Kontrola	0,400	6,26	15,65
	Kontrolle			
	Fulwokwasy	0,470	6,30	13,40
	Fulvosäuren			
	Humian	0,565	5,28	9,34
	Humat			

Tabela 7 — Tabelle 7

Sucha masa pędów i korzeni 4 roślin z jednego słoja (w g)

Srednia z 6 powtórzeń

Trockengewicht der Sprossen und Wurzeln von 4 Pflanzen (in g)

Mittelwerte von 6 Wiederholungen

Kombi- nacje Vari- an- ten	Wietrzone Belüftete Kulturen			Nie wietrzone Nicht belüftete Kulturen		
	kontrola Kontrolle	fulwokw. Fulvosäuren	humian Humat	kontrola Kontrolle	fulwokw. Fulvo- säuren	humian Humat
Pędy Sprossen	1,0674	1,0892	1,0221	0,1336	0,3271	0,7257
Korzenie Wurzeln	0,1132	0,1369	0,1358	0,0279	0,0560	0,0998

Wartości średniego błędu różnicy (Mittelfehlerswerte der Differenz):

Porównywane kombinacje Verglichene Varianten		Różnica między średn. wart. s.m. Differenz zwi- schen der Mittel- werten der Trockenmasse	Średni błąd różnicy (M) Mittelfehler der Differenz
Nie wietrzone (Nicht belüftete)			
Kontrola — humian	P	0,5915	0,009
Kontrolle — Humat	K	0,0719	0,003
Kontrola — fulwokw.	P	0,1935	0,009
Kontrolle — Fulvosäuren	K	0,0281	0,004
Humian — fulwokw.	P	0,3980	0,008
Humat — Fulvosäuren	K	0,0438	0,005
Wietrzone — nie wietrzone (Belüftete — Nicht belüftete)			
Kontrola — kontrola	P	0,9338	0,027
Kontrolle — Kontrolle	K	0,0855	0,008
Fulwokw. — fulwokw.	P	0,7621	0,025
Fulvosäuren — Fulvosäuren	K	0,0809	0,005
Humian — humian	P	0,2970	0,028
Humat — Humat	K	0,0360	0,005

P — pędy (Sprossen); K — korzenie (Wurzeln)

suchej masy pędów i korzeni w poszczególnych kombinacjach kształto-
wały się podobnie jak w doświadczeniu 2.

Tabela 8 — Tabelle 8

Diugość pędów w cm (średnia z 6 powtórzeń)
 Länge der Sprossen in cm (Mittelwerte von 6 Wiederholungen)

Wietrzzone Belüftete Kulturen			Nie wietrzzone Nicht belüftete Kulturen		
Kontrola Kontrolle	fulwokwasy Fulvosäuren	humian Humat	Kontrola Kontrolle	fulwokwasy Fulvosäuren	humian Humat
22,0	22,5	23,0	6,7	15,0	21,2

Tabela 9 — Tabelle 9

Zawartość chlorofilu w liściach w mg/100 g świeżej masy
 Chlorophyllgehalt der Blätter in mg/100 g Frischgewicht

Wietrzzone Belüftete Kulturen			Nie wietrzzone Nicht belüftete Kulturen		
Kontrola Kontrolle	fulwokwasy Fulvosäuren	humian Humat	Kontrola Kontrolle	fulwokwasy Fulvosäuren	humian Humat
34,474	37,175	40,664	17,629	23,801	34,738

Wartości średniego błędu różnicy (Mittelfehlerswerte der Differenz):

Porównywane kombinacje Verglichene Varianten	Różnica między średn. wart. stęż. chlorofilu Differenz zwi- schen Mittelwer- ten der Chloro- phyllkonzent- ration	Podwójna war- tość średniego błędu różnicy (M) Verdoppelter Mittelfehlers- werte der Differenz
Nie wietrzzone (Nicht belüftete)		
Kontrola — fulwokwasy	6,172	4,894
Kontrola — Fulvosäuren		
Kontrola — humian	17,109	3,680
Kontrola — Humat		
Fulwokwasy — humian	10,937	5,114
Fulvosäuren — Humat		
Wietrzzone — nie wietrzzone (Belüftete — Nicht belüftete)		
Kontrola — kontrola	16,845	4,218
Kontrola — Kontrolle		
Fulwokwasy — fulwokwasy	13,374	4,758
Fulvosäuren — Fulvosäuren		
Humian — humian	5,926	3,564
Humat — Humat		

Zawartości żelaza i fosforu w liściach, jak również i wartości stosunku P/Fe nie wykazały zasadniczych odstępstw od wyników doświadczenia 2.

Doświadczenie 5

Wpływ humianu sodu i fulwokwasów z torfu niskiego na wzrost i zawartość chlorofilu w liściach pomidorów

Doświadczenie trwało od 12.VII—1.VIII. Obserwacje wizualne wypadły analogicznie do poprzednich doświadczeń. Wyniki liczbowe zestawiono w tabeli 8 i 9.

Różnice w zawartości chlorofilu w liściach pomiędzy kulturami wietrzonymi i nie wietrzonymi oraz w obrębie kultur nie przewietrzanych kształtowały się analogicznie do doświadczenia 3.

DYSKUSJA WYNIKÓW

W doświadczeniach stwierdzono, że humian sodu i fulwokwasy, niezależnie z jakiego źródła były otrzymane, stymulowały wzrost pomidorów i zapobiegały chlorozie. Działanie to uwidaczniało się wyraźnie w nie wietrzonych kulturach wodnych, przy czym efekt humianu okazał się silniejszy w porównaniu z efektem fulwokwasów. Nasuwa się pytanie, czym można tłumaczyć korzystny wpływ tych związków próchnicznych na rozwój roślin, jak również, co jest powodem ich różnej aktywności fizjologicznej. Częściowej odpowiedzi dostarcza analiza wyników uzyskanych w doświadczeniu 1, w którym oznaczano szybkość opadania żelaza pod wpływem związków próchnicznych z torfu wysokiego i niskiego. Wyniki analiz żelaza w górnych warstwach pożywki (tabela 1) wskazują, że zarówno humian, jak i fulwokwasy podtrzymują żelazo w roztworze i zapobiegają szybkiemu opadaniu na dno naczynia w nie poruszanych kulturach wodnych, przy czym humian w większym stopniu zabezpiecza żelazo przed wytrąceniem z roztworu pożywki aniżeli fulwokwasy.

Ilość żelaza w pożywce była niewątpliwie decydującym czynnikiem dla prawidłowego rozwoju roślin. Wskazują na to rośliny kultur, w których codziennie przelewano pożywkę, gdzie nie stwierdzono objawów braku tego pierwiastka. Jeżeli humian i fulwokwasy przeciwdziałają wytrącaniu żelaza w pożywce, to dobry wzrost i zanik chlorozy w kulturach nie wietrzonych z dodatkiem tych związków staje się zrozumiałą. Różnice w efektywności tych związków mogą być spowodowane niejednakową zdolnością do utrzymywania żelaza w pożywce. W obecności związków próchnicznych dało się zauważyć intensywniejszą zielen roślin, co zgodne jest z obserwacjami Niklewskiego (1938) i Prata (1964). Szczególnie widoczne stało się to w kulturach nie wietrzo-

nych, gdzie w obecności humianu rośliny dobrze rozwijały się, a liście ich zawierały najwięcej chlorofilu, w kombinacji z fulwokwasami zaś nieco mniej, a najniższe stężenie chlorofilu stwierdzono w liściach roślin w kontroli. Na podstawie doświadczenia dotyczącego utrzymywania żelaza w pożywce, jak i doświadczeń wegetacyjnych można przyjąć istnienie zależności między dostarczeniem żelaza roślinie a jej wzrostem i stężeniem chlorofilu w liściach.

Wpływ próchnicy na zawartość chlorofilu w liściach tłumaczyć można pośrednim działaniem tych związków przez udostępnienie roślinom żelaza, od którego z kolei zależy synteza chlorofilu, jak również i prawidłowy przebieg wszystkich innych procesów enzymatycznych katalizowanych przez enzymy, w skład których wchodzi żelazo. Efekt humianu okazał się przy tym silniejszy aniżeli fulwokwasów, zgodnie ze zdolnością utrzymywania żelaza w roztworze pożywki.

Analizując wyniki zawartości żelaza w suchej masie liści (tabele 3 i 7) nie stwierdza się zbyt dużych różnic pomiędzy poszczególnymi kombinacjami, dopiero stosunek fosforu do żelaza daje właściwy obraz. Porównując rośliny zielone wszystkich kombinacji z roślinami chlorotycznymi stwierdza się znacznie wyższy stosunek P/Fe w tych ostatnich. Wartości P/Fe we wszystkich trzech doświadczeniach są odzwierciedleniem stopnia chlorozy roślin. Potwierdzałoby to wyniki De Kocka i Halla (1955), którzy wykazali, że przy chlorozie powodowanej niedostatkami żelaza charakterystyczne jest podwyższenie stosunku P/Fe. Wartości suchej masy pędów i korzeni (tabele 2, 6) stanowią ilościową dokumentację wizualnych wyników opisanych doświadczeń. Zauważono ścisłą korelację między wzrostem suchej masy, stężeniem chlorofilu i wielkością stosunku P/Fe. Większej suchej masie towarzyszy silniejsza zieleń i niższy stosunek fosforu do żelaza. Korzystny wpływ związków próchnicznych na wzrost roślin i zawartość chlorofilu można powiązać ze stosunkiem P/Fe znalezionym w liściach. Rośliny rosnące na pożywce nie poruszanej, bez związków próchnicznych były słabo rozwinięte, chlorotyczne i wykazały wysoki stosunek P/Fe. Natomiast dodatek związków próchnicznych do pożywki nie poruszanej wpłynął korzystnie na lepszy wzrost roślin, intensywniejszą zieleń i obniżenie wartości stosunku fosforu do żelaza w liściach.

WNIOSKI

1. Związki próchniczne zapobiegają opadaniu żelaza w roztworze pożywki, przy czym działanie humianu sodu jest silniejsze aniżeli fulwokwasów.

2. Dodatek związków próchnicznych do pożywki nie wietrzonej wpływa stymulująco na wzrost pomidorów i zawartość chlorofilu w liściach. Większą efektywność wykazuje humian sodu aniżeli fulwokwasy.

3. Stwierdzono korelację między zdolnością podtrzymywania żelaza przez związki próchniczne w pożywce a wzrostem roślin oraz wartością stosunku P/Fe i stężeniem chlorofilu w liściach pomidorów kultur nie wietrzonych:

a) największy wzrost i ilość chlorofilu, a najniższy stosunek P/Fe wykazano u roślin w pożywce z dodatkiem humianu;

b) nieco mniejszy wzrost, niższe stężenie chlorofilu, a wyższy stosunek P/Fe posiadały rośliny kultur z fulwokwasami;

c) najmniejszy wzrost i zawartość chlorofilu, a największy stosunek P/Fe stwierdzono w kontroli.

4. Źródło, z którego otrzymano humian i fulwokwasy, nie wywiera większego wpływu na ich efektywność.

Panu Prof. dr S. Gumińskiemu Kierownikowi Katedry Fizjologii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego i jego współpracownikom mgr J. Sulej i dr J. Stabrowskiej za udzielenie cennych rad i wskazówek w czasie wykonywania tej pracy oraz dr Miklaszewskiemu z Katedry Ogólnej Uprawy Roli i Roślin WSR we Wrocławiu za udostępnienie aparatury składamy serdeczne podziękowanie.

*Katedra Fizjologii Roślin
Uniwersytetu Wrocławskiego*

(Wpłynęło dn. 15.3.1968)

ZUSAMMENFASUNG

In einer Reihe von Vegetationsversuchen mit Anwendung der Wasserkulturen wurde der Einfluss von Fulvo- und Huminsäuren auf die Entwicklung der Tomatensämlinge verglichen. Die Humusstoffe wurden aus Hochmoor und Niedermoor mit gleicher Standardmethode gewonnen. Mit den aus beiden Rohstoffquellen erhaltenen Humusverbindungen wurden gestrennte, ca drei Wochen dauernde Versuche im Glashaus mit natürlicher Belichtung durchgeführt. Zum Vergleich der Wirksamkeit der Humusstoffe benutzte man immer Parallelkulturen mit belüfteten und nicht belüfteten (also unberührten) Nährlösungen.

Als Mass der Humuswirkung dienten: Bestimmungen des Trockengewichtes der Pflanzen bzw. des Frischgewichtes und der Sprosslänge, der Gehalt an Phosphor und Eisen in der Trockenmasse der Blätter und der Chlorophyllgehalt in der frischen Masse der Blätter.

Im Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigte es sich, dass unabhängig von der Art des Torfes die von beiden Rohstoffe erhaltenen Humate sich bedeutend wirksamer erwiesen haben als die Fulvosäuren.

LITERATURA

- Babko A. K. i Pilipienko A. T., 1955, Analiza kolorymetryczna, Warszawa, PWT.
Badurowa M., Gumiński S., Suder-Moraw A., 1967. Die Wirkung steigender Konzentrationen von Natriumhydrogenkarbonat in Wasserkulturen und die Gegenwirkung des Na-Humats, *Biologia Plantarum* 9: 92—101.

- Czerwiński W., 1967, Znaczenie humianu sodowego w kulturach wodnych pod kątem czynnika minimum, *Acta Soc. Bot. Pol.* 34: 549—554.
- De Kock P. C., and Strmecki E. L., 1954, An Investigation into the Growth Promoting Effects of Lignite, *Physiol. Plant.* 7: 503—511.
- De Kock P. C., 1955, Iron Nutrition of Plant at High pH, *Soil Sci.* 79: 167—175.
- De Kock P. C., and Hall A., 1955, The Phosphorus-Iron Relationship in Genetical Chlorosis, *Plant Physiol.* 30: 293—295.
- De Kock P. C., and Morrison R. I., 1958, The Metabolism of Chlorotic Leaves (1, Amino Acids), *The Biochemical Journal* 70: 266—272.
- De Kock P. C., and Morrison R. I., 1958, The Metabolism of Chlorotic Leaves (2, Organic Acids), *The Biochemical Journal* 70: 272—277.
- Gumiński S., 1950, Badania nad warunkami i mechanizmem działania związków próchnicznych na organizm rośliny, *Acta Soc. Bot. Pol.* 20 (2) 589—618.
- Gumiński S., Gumińska Z., and Sulej J., 1965, Effect of Humate, Agar-Agar and EDTA on the Development of Tomato Seedlings in Aerated and Non-Aerated Water Cultures, *J. Exp. Bot.* 16: 151—162.
- Niklewski B., Wojciechowski J., 1938, Wpływ związków próchnicznych na rozwój roślin, *Acta Soc. Bot. Pol.* 15: 61—109.
- Niklewski B., Wojciechowski J., 1947, Wpływ kwasów próchnicznych na rozwój roślin (cz. II) *Acta Soc. Bot. Pol.* 18: 65—91.
- Paech K., Tracey M. V., 1955, *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse-Modern Methods of Plant Analysis*, vol. 4: 158—159. Springer-Verlag — Berlin.
- Piper C. S., 1957, *Analiza gleby i roślin*, PWN Warszawa.
- Prát S., 1960, O wpływie próchnicy na pobieranie soli mineralnych oraz na tworzenie się chlorofilu u roślin, *Acta Agrob.* 9: 117—121.
- Prát S., 1964, *Humus a jeho význam*, Praha, Nakl. Československé Akademie Věd.
- Schropp W. *Der Vegetationsversuch. I Die Methodik der Wasserkultur Höherer Pflanzen. Methodenbuch*, Bd. VIII. Radebeul u. Berlin Neumann Verlag 1951.