Dalsze badania nad mechanizmem działania próchnicy na organizm rośliny

*Recherches ultérieures sur le mécanisme de l'activité de l'humus
sur l'organisme végétale*

S. GUMIŃSKI i Z. GUMIŃSKA

(Wpłynęło 9.II.52 r.)

W s t ę p

W ogłoszonej poprzednio pracy (1950) podano, iż efekt fizjologiczny próchnicy pojawia się w kulturach wodnych pomidorów przy niedostatku tlenu w pożywce. W kulturach dobrze wietrzonych próchnica nie wywiera wpływu na rozwój pomidorów. Poznanie tego warunku wystąpienia efektu fizjologicznego próchnicy usunęło zasadnicze sprzeczności w wynikach badań różnych autorów. Równocześnie, dając w rękę czuły test biologiczny w postaci kultur niewietrzonych, utorowało drogę do bliższego poznania mechanizmu stymulacji, wywołanej próchnicą.

Fakt że dodanie niewielkiej ilości humianu sodowego (ok. 50 mg na l) do pożywki umożliwia pomidorom rozwój w kulturach niewietrzonych, można było interpretować dwojako: albo 1) próchnica (względnie jej komponenty) wpływa, w tych warunkach, korzystnie na metabolizm oddechowy, albo 2) ułatwia wprost pobieranie soli mineralnych przez korzenie (np. przez zwiększenie przepuszczalności plazmy).

Korzeń spełnia, jak wiadomo dwie zasadnicze funkcje: pobiera wodę i sole mineralne. Objawów suszy fizjologicznej, w opisanych poprzednio doświadczeniach (1950) nie zauważono, natomiast wstrzymanie wzrostu rośliny i chloroza, w warunkach niedostatku tlenu, mogła być i zapewne była w korelacji z utrudnieniem pobierania soli mineralnych.

Zjawiska oddychania korzeni i pobierania przez nie soli mineralnych są, jak to w szczególności wykazał L u n d e g a r d h (1933, 1935), tak ściśle ze sobą związane, że nie sposób ich od siebie oddzie-

lić. W zasadzie jednak jest rzeczą istotnie różną, czy badany czynnik wpływa stymulująco na rozwój rośliny wprost przez ułatwienie wnikiwania soli mineralnych do korzeni, czy też przez wpływ na metabolizm oksydo-redukcyjny rośliny, co wtórnie dopiero ułatwia pobieranie soli. Niklewski i Wojciechowski (1938), Wojciechowski i Kuźdowicz (1939) Duda (1947), Błagoweszczeński i Prozorowska (1934) zgodnie podają, że koloidowe roztwory próchnicy zwiększają pobieranie soli mineralnych przez korzenie roślin. Duda stwierdził w krótkotrwałych (48 godzinnych) doświadczeniach, że nie tylko próchnica, ale i szereg innych koloidów, jak skrobia, agar, metawodorotlenek żelazowy oraz hydrosol kwasu krzemowego wydatnie wzmagają pobieranie soli mineralnych przez korzenie.

Błagoweszczeński i Prozorowska wykazali, iż pod wpływem kwasu huminowego korzenie roślin intensywniej pobierają sole mineralne (1934) — ponadto stwierdzili, że eksosmoza glukozy z komórek liści (fusok) cebuli, moczonych w wodzie destylowanej, wzmagają się pod wpływem kwasu huminowego (1935). Autorzy interpretują te zjawiska w ten sposób, iż kwas huminowy, a raczej, bliżej nieokreślone hormony roślinne, z nim związane, wpływają pobudzająco na roślinę, skutkiem czego roślina intensywniej pobiera sole. Wzmocnienie przepuszczalności plazmy dla glukozy stoi z tym zjawiskiem w jakimś, niezupełnie jasnym związku. Interesujące jest, że wzrost przepuszczalności plazmy pod wpływem próchnicy nie pojawia się w pierwszych 24 godzinach; dopiero podczas następnej doby obserwuje się znacznie intensywniejszą eksosmozę cukru.

Kuthy i Pecznik (1941) zaprzeczają wynikom Błagoweszczeńskiego i Prozorowskiej, stwierdzając, że ich badania nie wykazały wzrostu przepuszczalności plazmy pod wpływem próchnicy. Jednakże wydaje się, iż wyniki tych autorów są nieporównywalne z wynikami ich poprzedników. Kuthy i Pecznik wykonali doświadczenia modelowe z żelatyną i barwikami oraz doświadczenia z eksosmozą cukru trzcinowego ze skrawków buraka cukrowego. Pomiędzy żelatyną i żywą plazmą analogia jest daleka, a przenikanie cukru trzcinowego trudno porównać z przenikaniem glukozy. (Autorzy nie mówią wprawdzie wprost o eksosmozie cukru trzcinowego, ale podają, że cukier przed oznaczaniem ilościowym inwertowali). Poza tym Kuthy i Pecznik stwierdzili, iż związki próchniczne, wywierają, w pewnych granicach stężeń, silnie hamujący wpływ na kiełkowanie nasion owsa. Na podstawie tych doświadczeń wypowiadają przekonanie, że stymulujący wpływ próchnicy na rozwój roślin.

opisany przez N i k l e w s k i e g o (1938), należy tłumaczyć działaniem hormonalnym, a nie zmianą struktury protoplazmy.

Natomiast wpływ próchnicy na wiązanie wolnego azotu przez *Azotobacter chroococcum* jak to wykazali B o r t e l s, K r z e m i e n i e w s k i, K o w a t s, K o s t e c k a i inni, tłumaczy się jedynie działaniem zawartych w niej mikroelementów — nie chodzi tu ani o wzrost przepuszczalności plazmy ani o efekty hormonalne tylko o katalizę redukcji azotu.

N i k l e w s k i, obserwując poszczególne objawy działania próchnicy, wysuwa szereg różnych hipotez oddzielnego mechanizmu dla każdego zjawiska osobno (1949).

Tak więc różni autorowie bardzo różne na ten temat wypowiadają poglądy. Obecnie należało, posługując się zależnością efektu próchnicznego od warunków tlenowych jako kluczem do rozwiązania problemu, przebadać zasadnicze możliwości.

Opis doświadczeń

I. Porównanie działania humianu sodowego i jego popiołu

Spalono humian sodowy, uzyskany z kompostu jednorocznego i popiół wyekstrahowano częściowo wodą, częściowo 1/10 n. kwasem solnym. Roztwór wykazywał reakcję obojętną.

W słojach 1^{1/4} l założono kultury wodne siewek pomidorów w pożywce wg Hampe i Truffaut (G u m i ń s k i 1950). Do 12 słoików dodano po 10 ml roztworu humianu sodowego (z 50 mg humianu), do innych 12 słoików roztworu popiołu uzyskanego z równej ilości (10 ml) humianu. Kultury hodowano w szklarni przy silnym nasłonecznieniu w temperaturze 25 do 40°C. (15. VIII. do 14. IX. 1950). Połowę kultur wietrzono intensywnie przez przelewanie pożywki ze słoja do słoja, drugą połowę pozostawiano bez wietrzenia przez cały czas doświadczenia.

Przekonano się, że wietrzenie kultur wodnych przez codzienne jedno- lub kilkakrotne przelewanie daje o wiele lepsze rezultaty, niż codzienne 5 minutowe przepędzanie powietrza przez pożywkę za pomocą aspiratora, zabiera natomiast bez porównania mniej czasu.

Doświadczenie miało zatem następujący schemat:

Kultury wietrzone	Kultury niewietrzone
1) Kontrola (6 powtórzeń)	
2) Humian „ „	idem
3) Popiół „ „	

Bardzo szybko zauważono różnice. Rośliny niewietrzone pożółkły i stały we wzroście, natomiast wietrzone rozwijały się doskonale. Jednakże w dziale niewietrzonych te, które otrzymały dodatek roztworu humianu wkrótce zazieleniły się i rozwijały się wcale dobrze. Tak kontrolne rośliny, jak też i te, które otrzymały dodatek popiołu w kulturach niewietrzonych, przy końcu doświadczenia obumarły. Popiół nie podzielał zupełnie, a więc czynne są w próchnicy wyłącznie związki organiczne (oczywiście w określonych doświadczeniach warunkach). Porównanie wagowe suchej masy roślin przedstawia tabela.

TABLICA I

15. VIII. — 14. IX. 1950

Humian i jego popiół. L'humate de soude et son cendre.

Rodzaj kultur Genre de culture	Waga suchej masy 3 roślin (z jednego słoja) w gramach Poids de la matière dessechée (un pot) 3 plantes en grammes		Współczynnik względem kontroli Coefficient en rap- port du contrôle	
	Średnie z 6 powtórzeń — Moyennes de 6 répétitions			
	pędy pousses	korzenie racines	pędy pousses	korzenie racines
A) Kultury wietrzone Cultures aérées				
1. Kontrola — Contrôle	3,59 ± 0,12	0,45 ± 0,17		
2. Humian — Humate	3,44 ± 0,11	0,47 ± 0,05	1	1
3. Popiół — Cendre	3,28 ± 0,09	0,46 ± 0,03	1	1
B) Kultury niewietrzone Culture non aérées				
1. Kontrola — Contrôle	0,13 ± 0,01	0,02 ± 0,01		
2. Humian — Humate	1,16 ± 0,32	0,18 ± 0,05	9	10
3. Popiół — Cendre	0,16 ± 0,03	0,17 ± 0,00	1,2	1

II. Wewnętrzne zapasy pokarmowe rośliny a efekt fizjologiczny próchnicy

Aby sprawdzić czy efekt fizjologiczny próchnicy w kulturach niewietrzonych związany jest jedynie z pobieraniem soli mineralnych należało znaleźć takie warunki, w których rozwój rośliny mógłby być niezależny od pobierania tych soli z podłoża. Częściowe niezależnienie od pobierania składników mineralnych podłoża, przynajmniej na pewien okres czasu, dają roślinom dobrze wypełnione organa spichrzowe. Do doświadczeń wybrano ziemniaki, jako rośliny

należące do tego samego rodzaju co pomidor. Ułożono następujące kombinacje:

Wietrzone

Niewietrzone

I. Rośliny rosnące w połączeniu z bulwą.

1) W wodzie destylowanej.

a) Kontrola.

b) Z dodatkiem próchnicy.

2) W pożywce mineralnej.

Idem.

a) Kontrola.

b) Z dodatkiem próchnicy.

II. Rośliny odłączone od bulwy, rosnące na pożywce mineralnej.

a) Kontrola.

b) Z dodatkiem próchnicy.

Rozumowano w sposób następujący: Jeśli przyczyną pierwszą stymulacji w złych warunkach tlenowych podłoża jest ułatwienie pobierania soli mineralnych to efekt nastąpi przede wszystkim w niewietrzonych kulturach kombinacji ostatniej, tam gdzie połączenia ze spichrzem nie ma a sole w podłożu są. Nie wystąpi natomiast w wodzie destylowanej. Jeśli jednak przyczyną pierwszą jest ułatwienie oddychania, to efekt wystąpi wszędzie — także i w wodzie destylowanej. Rozwój w wodzie destylowanej powinienby umożliwić bulwa.

Napełniono słoje pożywką Hampe i Truffaut, względnie wodą destylowaną i tuż nad poziomem płynu umieszczono na szklanych prętach bulwy ziemniaków, obłożone mokrą watą szklaną. Ziemniaki poprzeraślały (doświadczenie przeprowadzono na wiosnę) i rosły nieregularnie, nie dając żadnego zrozumiałego obrazu. Jasne było jedynie, że na wodzie destylowanej nie chcą się rozwijać. Podejrzewając, że w tych warunkach rośliny bardzo nieregularnie pędzą, zlikwidowano doświadczenie i wysadzono nowe bulwy w piasek. Dobrze i mniej więcej równo powyrastane rośliny przeniesiono do słoiki i umieszczono tak jak poprzednie. Pozostawiono w każdym słoju po jednym pędzie, resztę odrzucono. Oddzielenie pędu od bulwy było zabiegiem łatwym i nie spowodowało żadnego uszkodzenia rośliny. I to doświadczenie nie dało spodziewanych wyników, ale wykazało, że obraz poprzedni nie był przypadkowy. Po miesiącu widać było, że ziemniaki w wodzie destylowanej nie mogą się rozwijać, pomimo posiadanych w bulwie zapasów; wynik ten raczej był banalny. Rośliny nie rosły tak w kulturach niewietrzonych jak i wietrzonych,

a próchnica na to nic nie pomagała. Ziemniaki na pożywce, rosnące w połączeniu z bulwą, rozwijały się natomiast zupełnie dobrze, nie tylko w kulturach wietrzonych, ale także w niewietrzonych! Próchnica nie dawała tu również żadnego efektu.

Ziemniaki na pożywce, rosnące bez bulwy rozwijały się i w kulturach wietrzonych i w niewietrzonych, chociaż w tych ostatnich były trochę mniejsze i bledsze. Nie było mowy jednak o jakiejś chlorozie, czy zdecydowanym zastoju. I tutaj próchnica nie dała żadnego efektu!

Aby jeszcze raz sprawdzić ten wynik zasadzono ziemniaki w kulturach piaskowych (jałowy piasek rzeczny) w 7-mio litrowych garnkach kamiennych. Kombinacje ułożono takie same jak poprzednio z tym, że kultury wietrzone były dobrze wentylowane przez normalnie stosowane dreny powietrzne oraz podlewane były do stałej wagi 60% nasiąkliwości — niewietrzone natomiast pozbawione drenażu i zalewane wodą aż do pełnego nasycenia. Kombinacjom na pożywce odpowiadał piasek, zasiloný normalną dawką P, K, N, Mg i S, kombinacjom z wodą destylowaną ten sam jałowy piasek rzeczny, podlewany wodą destylowaną. Wynik doświadczenia był podobny jak poprzednio, z tym że w kulturach niewietrzonych obecnie bulwy zgniły, co świadczyło o tym, że panował tam istotnie niedostatek tlenu.

Po miesiącu hodowli w szklarni, w pełnym słońcu, w temperaturze od 25—40°C rośliny wyjęto, wysuszono (bez bulw) i zważono. (tabl. II). Tak więc otrzymano odpowiedź całkowicie różną aniżeli się spodziewano: próchnica nie miała efektu w żadnej z tych kombinacji. Ale ponadto przekonano się, że ziemniaków, przynajmniej w tych warunkach, nie można doprowadzić do chlorozy przez niedostatek tlenu w podłożu.

Wytlumaczenie tego zjawiska nasuwało się dwojaki: Ziemniaki nie reagują na niedostatek tlenu (i na próchnicę) albo z powodu szczególnych właściwości gatunkowych, albo przyczyną tej odporności są substancje zawarte w bulwie.

Aby odpowiedzieć sobie na to pytanie założono doświadczenie z ziemniakami wykiełkowanymi z nasienia. Połowę kultur wietrzono, połowę pozostawiono bez wietrzenia i porównywano efekt próchnicy w jednych i drugich. Rozwój roślin przebiegał zupełnie tak, jak przy hodowli pomidorów. W kulturach niewietrzonych, kontrolnych, rośliny pożółkły i zmarniały; dodatek próchnicy spowodował po początkowym okresie chlorozy wtórne zazielenienie się i umożliwił dal-

TABELA II

Kultury wodne ziemniaków wyhodowanych z bulwy (22/V—21/VI 1951)

Les cultures dans l'eau des pommes de terre cultivées des tubercules.

Średnie z 6 powtórzeń. — Moyennes de 6 répétitions.

Rodzaj kultur Genre de culture	Kultury wietrzne Cultures aérées		Kultury niewietrzne Cultures non aérées	
	Waga suchej masy (pędy i korzenie) Poids de la matière desséchée (pousses et racines)	Współczynnik względem kontroli Coefficient en rapport du contrôle	Waga suchej masy (pędy i korzenie) Poids de la matière desséchée (pousses et racines)	Współczynnik względem kontroli Coefficient en rapport du contrôle
I. Rośliny z bulwami Les plantes aux tubercules				
Woda destylowana 1. L'eau distillée				
a) Kontrola-contrôle	0,80 ± 0,2	1,4	0,76 ± 0,14	0,9
b) Z dod. próchnicy Avec l'humus	1,10 ± 0,2		0,72 ± 0,14	
2. Pożywka mineralna La solution nutritive				
a) Kontrola-contrôle	4,83 ± 0,6	1,1	4,77 ± 0,85	0,9
b) Z dod. próchnicy Avec l'humus	5,20 ± 0,7		4,35 ± 0,13	
II. Rośliny bez bulw na pożywce mineralnej Les plantes sans tubercules, solution nutritive				
a) Kontrola-contrôle	3,06 ± 0,23	1,0	1,96 ± 0,41	1,1
b) Z dod. próchnicy Avec l'humus	3,14 ± 0,37		2,06 ± 0,24	

Kultury piaskowe ziemniaków wyhodowanych z bulwy (19. V. — 22. VI. 1951).

Culture dans le sable des pommes de terre cultivées des tubercules.

I. Rośliny z bulwami Les plantes aux tubercules				
1. Woda destylowana L'eau distillée				
a) Kontrola-contrôle	2,25 ± 0,15	1,0	1,66 ± 0,39	0,9
b) Próchnica-l'humus	2,27 ± 0,27		1,41 ± 0,07	
2. Pożywka mineralna La solution nutritive				
a) Kontrola-contrôle	9,91 ± 1,38	0,8	5,52 ± 1,24	1,0
b) Próchnica-l'humus	7,39 ± 0,36		5,24 ± 1,19	
II. Rośliny bez bulw na pożywce mineralnej Les plantes sans tubercules, la solution nutritive				
a) Kontrola-contrôle	2,11 ± 0,48	0,8	1,24 ± 0,15	0,8
b) Próchnica-l'humus	1,67 ± 0,53		0,90 ± 0,12	

szy rozwój (zaznaczyć należy, że humian dodany był do pożywki równocześnie z umieszczeniem siewek w słojach).

W kulturach wietrzonych wzrost wszystkich roślin był prawidłowy i próchnica nie wywarła żadnego wpływu na rozwój roślin.

Tablica przedstawia porównanie wagi suchej masy roślin po miesiacu hodowli.

TABLICA III

Kultury wodne ziemniaków, wyhodowanych z nasienia (29. VI. — 2. VIII. 1951).

Les cultures dans l'eau des pommes de terre cultivées des graines

Srednie z 6 powtórzeń. — Moyennes de 6 répétitions.

Rodzaj kultur Genre de culture	Kultury wietrzone Cultures aérées		Kultury niewietrzone Cultures non aérées	
	Waga suchej masy (4 roślin) Poids de la matière desséchée (4 plantes)	Współczynnik względem kontroli Coefficient en rapport du contrôle	Waga suchej masy (4 roślin) Poids de la matière (4 plantes) desséchée	Współczynnik względem kontroli Coefficient en rapport du contrôle
Kontrola — contrôle Z dodatkiem próchnicy Avec l'humus	8,55 ± 0,14 6,12 ± 0,78	0,8	0,80 ± 0,01 2,22 ± 0,43	2,8

Zatem odporność ziemniaków z bulwy polega na zawartości jakichś substancji w bulwie, na co zresztą wskazywał już fakt pewnego zahamowania w rozwoju roślin odciętych od bulwy w kulturach niewietrzonych (por. tabela nr II).

Wyniki doświadczeń z ziemniakami nie rozstrzygnęły zasadniczego pytania, czy próchnica działa stymulująco przez bezpośrednie ułatwienie pobierania soli mineralnych, czy też przez wpływ na metabolizm oksydo-redukcyjny korzeni. Gdyby bowiem chodziło wyłącznie o ewentualność pierwszą, to rośliny, odłączone od bulwy i wskutek tego zahamowane w rozwoju w stosunku do tych, które miały połączenie z bulwą, powinny były dodatnio zareagować na dodatek próchnicy do pożywki. Z drugiej strony brak reakcji na próchnicę w tych warunkach świadczy również przeciwko „teorii oddechowej“. Przy tym kultury w wodzie destylowanej całkowicie zawiodły, gdyż w nich obojętnie czy się wietrzy, czy nie, ziemniaki rosnać nie chcą. Natomiast wyniki te wykazały, że w bulwach istnieją pewne substancje, które uniezależniają, do pewnego stopnia, rośliny od warunków tlenowych podłoża.

III. Porównanie działania próchnicy, biosów i koloidu nieorganicznego

W doświadczeniach Dudy dodatek różnych koloidów do roztworów soli wzmacniał pobieranie tych soli przez korzenie roślin. Gdyby więc efekt próchniczny, przy niedostatku tlenowym polegał na własnościach koloidowych humianu sodowego, wówczas powinny by i inne koloidy użyte przez Dudę wywołać efekt podobny.

Jeśli natomiast efekt polega na działaniu witaminowym, to można by może znaleźć takie biokatalizatory, które by próchnicę zastąpiły.

Z pomiędzy koloidów, używanych przez Dudę, wybrano hydrosol kwasu krzemowego jako nie budzący w tym celu poważniejszych zastrzeżeń.

Duda używał prócz próchnicy, skrobi, agaru, metawodorotlenku żelazowego oraz kwasu krzemowego. Skrobia mogłaby stać się substratem dla mikroorganizmów, agar zawierać może hormony, żelazo budzi zastrzeżenia ze względu na wyniki W o j c i e c h o w s k i e g o (48), pozostawał więc kwas krzemowy.

Porównano wpływ na kultury wietrzone i niewietrzone pomidorów: próchnicy, hydrosolu kwasu krzemowego, wyciągu wodnego liści bukowych, kompleksu witaminów B₁ i B₆ oraz witaminu PP.

Próchnicę wzięto, jak zwykle w formie humianu sodowego w ilości około 50 mg na litr pożywki. Wyciąg z liści sporządzono w ten sposób, że 10 g młodych liści bukowych ekstrahowano przez godzinę przy 70°C w 200 ml. wody. Na 1 l pożywki dawano po 10 ml tego wyciągu. Witamin B₁, B₆ i PP dawano po 4 mg na litr pożywki. B₁ i B₆ użyte były z ampulek do iniekcji wyrobu krajowego, PP, jako roztwór wodny pastylek amidu kwasu nikotynowego firmy „Roche“.

Wynik był zupełnie jasny: w kulturach niewietrzonych rozwinęły się jedynie te rośliny, które otrzymały dodatek próchnicy oraz te, które otrzymały dodatek wyciągu z liści, przy czym wyciąg z liści wywarł działanie o wiele silniejsze, niż próchnica. Działanie wyciągu z liści było tak silne, że rośliny w kulturach niewietrzonych, zasilone tym wyciągiem, rozwinęły się co najmniej tak dobrze, jak kontrolne w kulturach wietrzonych. Wyciąg z liści nie dopuścił w ogóle do wystąpienia chlorozy nawet w początkowym stadium w słojach niewietrzonych. Natomiast w kulturach niewietrzonych z dodatkiem próchnicy początkowo wystąpiła wyraźna chloroza i zahamowanie we wzroście, dopiero po 2 tygodniach rośliny z powrotem się zazieleniły i powoli dopędzały te, które otrzymały dodatek wyciągu z liści. Wyciąg z liści stymulował również rozwój roślin w kulturach wietrzonych, choć o wiele mniej wybitnie niż w niewietrzonych, gdzie różnica była niezmiernie jaskrawa.

W tablicy porównawczej suchej masy roślin nie uwidoczniło się wagi roślin z kultur zasłanych witaminami PP, gdyż kultury te dostawiono później i wyniki liczbowe nie są porównywalne.

TABLICA IV

Porównanie działania próchnicy, biosów i koloidu krzemowego
 Comparaison de l'action de l'humus, des bioses et du colloïde de la silice

11. VIII. do 10. IX, 1951 r.

Średnie z 6 powtórzeń — Moyennes de 6 répétitions.

Rodzaj kultur Genre de culture	Waga suchej masy 3 roślin (z 1 słoja) w gramach Poids de la matière dessechée en grammes (3 plantes)		Współczynnik względem kontroli Coefficient en rapport du contrôle	
	Pędy Pousses	Korzenie Racines	Pędy Pousses	Korzenie Racines
A) Kultury wietrzone Cultures aérées				
1. Kontrola — contrôle	1,19 ± 0,17	0,23 ± 0,04		
2. Próchnica—l'humus	1,25 ± 0,20	0,26 ± 0,01	1,1	1,1
3. Kw. krzemowy - silice	1,31 ± 0,13	0,27 ± 0,04	1,1	1,2
4. Wyciąg z liści Extrait des feuilles	2,25 ± 0,17	0,44 ± 0,03	1,9	1,9
5. B ₁ i B ₆	1,49 ± 0,14	0,27 ± 0,02	1,3	1,2
B) Kultury niewietrzone Cultures non aérées				
1. Kontrola — contrôle	0,09 ± 0,03	0,03 ± 0,00		
2. Próchnica—l'humus	0,39 ± 0,04	0,09 ± 0,02	4,3	3,0
3. Kw. krzemowy - silice	0,13 ± 0,02	0,05 ± 0,01	1,4	1,7
4. Wyciąg z liści Extrait des feuilles	1,46 ± 0,19	0,36 ± 0,06	16,2	12,0
5. B ₁ i B ₆	0,13 ± 0,01	0,04 ± 0,00	1,4	1,3

IV. Zależność efektu próchnicy od stadium rozwojowego rośliny

Ponieważ, jak z opisanych doświadczeń wynika, rozwój roślin w złych warunkach tlenowych korzeni umożliwia bliżej nieznaną substancję, o charakterze witaminowym, więc nasunęło się pytanie, czy efekt fizjologiczny próchnicy nie maleje w późniejszych stadiach rozwojowych rośliny, kiedy to roślina, dzięki fotosyntezie staje się całkowicie auxo-autotroficzną.

Wyhodowano pomidory na używanej zwykle pożywce Hampe i Truffaut i przeprowadzono w stereotypowy sposób na liczących miesiąc, dobrze rozwiniętych roślinach, doświadczenie z próchnicą.

Zatem, po miesiącu hodowli, przy dobrym wietrzeniu, rozdzielono kultury i przez następny miesiąc połowę wietrzono, połowę zaś nie. W ciągu tego okresu nie doprowadzono roślin w kulturach niewietrzonych do wyraźnej chlorozy, rośliny jedynie przybladły i trochę opóźniły się we wzroście. Niedostatek tlenu w pożywce był niewątpliwy, tak że korzenie przy końcach zaczęły obgniwać. Dodatek próchnicy, jak również wyciągu z liści dał słaby efekt.

Ponieważ wyrosnięte rośliny chciwie chłoneły wodę zachodziła konieczność częstego dolewania pożywki. Do słoï niewietrzonych używano pożywki sporządzonej na świeżo przegotowanej wodzie.

TABLICA V

Zależność efektu fizjologicznego próchnicy od stadium rozwojowego rośliny.
La dépendence de l'effet de l'humus du stade du développement des plantes.

Srednie z 6 powtórzeń — Moyennes de 6 répétitions

Od 15. VIII. do 30. X. 1951 r.

Rodzaj kultur Genre de culture	Waga suchej masy w gramach (3 rośliny) Poids de la matière dessechée en grammes (3 plantes)		Współczynnik względem kontroli Coefficient en raport du contrôle	
	Pędy Pousses	Korzenie Racines	Pędy Pousses	Korzenie Racines
A) Kultury wietrzone Cultures aérées				
1. Kontrola — contrôle	10,51 ± 0,94	2,19 ± 0,15		
2. Próchnica — l'humus	10,04 ± 1,15	1,83 ± 0,21	1,0	0,8
3. Wyciąg z liści Extrait des feuilles	9,27 ± 0,98	2,03 ± 0,25	0,9	1,0
B) Kultury niewietrzone Cultures non aérées				
1. Kontrola — contrôle	5,61 ± 0,37	1,00 ± 0,57		
2. Próchnica — l'humus	7,06 ± 0,57	1,36 ± 0,19	1,3	1,4
3. Wyciąg z liści Extrait des feuilles	7,02 ± 0,41	1,12 ± 0,07	1,3	1,2

V. Borowina lecznicza

Ze względu na znane własności lecznicze tzw. borowiny założono doświadczenie porównawcze działania humianu kompostu, używanego do poprzednich doświadczeń, oraz humianu sporządzonego w ten sam stereotypowy sposób ze znanej borowiny krynickiej. Uprzednio zbadano tę borowinę na radioaktywność w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego — badanie nie

wykazało żadnej promieniotwórczości. Za przeprowadzenie tego badania wyrażamy na tym miejscu Panu Prof. Dr J. Wesołowskiemu uprzejme podziękowanie.

Humian sporządzony z borowiny nie tylko stymulował rozwój siewek pomidorów w kulturach niewietrzonych ale przewyższał nawet w aktywności humian z kompostu.

TABLICA VI

Porównanie działania próchnicy kompostu i borowiny leczniczej.

Comparaison d'action du composte et de la bourbe médicinale.

Srednie z 6 powtórzeń — Moyennes de 6 répétitions.

25. VIII. — 1. X. 1951

Rodzaj kultur Genre de culture	Waga suchej masy w gramach (3 rośliny) Poids de la matière dessechée en grammes (3 plantes)		Współczynnik względem kontroli Coefficient en raport du contrôle	
	Pędy Pousses	Korzenie Racines	Pędy Pousses	Korzenie Racines
A) Kultury wietrzone Cultures aérées				
1. Kontrola — contrôle	1,32 ± 0,09	0,26 ± 0,01		
2. Próchnica z kompostu L'humus du composte	2,83 ± 0,61	0,46 ± 0,03	2,1	1,8
3. Humian z borowiny L'humus de la bourbe	2,52 ± 0,16	0,38 ± 0,04	2,0	1,5
B) Kultury niewietrzone Cultures non aérées				
1. Kontrola — contrôle	0,22 ± 0,10	0,04 ± 0,02		
2. Humian z kompostu L'humus du composte	1,28 ± 0,17	0,22 ± 0,04	5,8	5,5
3. Humian z borowiny L'humus de la bourbe	2,62 ± 0,08	0,50 ± 0,05	12,0	12,5

VI. D r o ż d z e

Dzięki Pani Prof. H. Krzemieniewskiej zwróciliśmy uwagę na pracę F. Dzierzbickiego z r. 1909, w której wymieniony autor pierwszy wykazał biosowy charakter wyciągów próchnicznych. Doświadczenia Dzierzbickiego wykazały, że próchnica stymuluje fermentację alkoholową powodowaną przez drożdże (autor oznaczał ilość CO₂). Z punktu widzenia aktualnych badań szczególnie interesujące jest spostrzeżenie Dzierzbickiego, że stymulacja zachodzi wtedy, jeśli pożywkę zaszcześcić bardzo drobną ilością drożdży — jeśli natomiast szczepionka jest obfita, wówczas drożdże rosną

dobrze na pożywce cukrowej także i bez dodatku substancji próchnicznych — dodanie próchnicy w tych warunkach powoduje efekt słaby. Jak wiadomo właśnie substancje o charakterze biosów wtedy dają znakomity efekt stymulacyjny jeśli szczepimy pożywkę znikomą ilością drożdży. Wynik Dzierzbickiego wskazuje więc na biosowy charakter wyciągów próchnicznych.

Powtórzone doświadczenia Dzierzbickiego z humianem używanym do poprzednich, własnych doświadczeń. Nie oznaczano jednak ilości wywiązującego się przy fermentacji dwutlenku węgla, lecz liczono pod mikroskopem komórki drożdży.

Kulturę drożdży, hodowaną na pożywce mineralno-cukrowej (Boasa) rozcieńczono i małą ilością komórek zaszczipiono identyczną pożywkę w pięciu powtórzeniach. Doświadczenie przeprowadzono raz niesterylnie, drugi raz sterylnie. W pierwszym wypadku obok drożdży rozwinął się kropidlak, w drugim znaleziono tylko drożdże.

Po kilku dniach zlikwidowano doświadczenie i dokonano obliczeń.

TABLICA VII

Drożdże w warunkach niesterylnych.

Levures dans des conditions non steriles.

(W próbkach — 5 powtórzeń).

Liczono na zwykłych szkiełkach pod mikroskopem z przesuwającym stolikiem z podziałką.

	Ilość komórek Nombre de cellules	Współczynnik względem kontroli Coefficient en raport du contrôle
Kontrola — contrôle Z dodatkiem próchnicy Avec l'humus	50 ± 16 283 ± 99	$f = 5,6$

TABLICA VIII

Drożdże w warunkach sterylnych doświadczenia.

Levures. Experiment en conditions steriles.

(W erlenmayerkach — 6 powtórzeń).

Liczono na stoliku Thoma.

	Ilość komórek Nombre de cellules	Współczynnik względem kontroli Coefficient en raport du contrôle
Kontrola — contrôle Z dodatkiem próchnicy Avec l'humus	46 ± 17 174 ± 44	$f = 3,8$

Tak kultury czyste, jak i surowe wykazały stymulację pod wpływem próchnicy. Makroskopowo można było zauważyć w kulturach z próchnicą prócz osadu drożdży lepszy rozwój kropidlaka w pierwszym doświadczeniu, przeprowadzonym niesterylnie.

O m ó w i e n i e w y n i k ó w

Wyniki, opisanych doświadczeń, świadczą, zgodnie z poglądami K u t h y'ego i P e c z n i k a (1940), o witaminowym charakterze działania próchnicy.

Rozwój siewek pomidorów w niewietrzonych kulturach wodnych umożliwiają jedynie związki organiczne humianu — popiół okazuje się nieczynny. Zatem mikroelementy nie grają tu zasadniczej roli.

Hydrosol kwasu krzemowego również nie ratuje siewek przy niedostatku tlenu w podłożu. Zaznaczona, niewielka stymulacja rozwoju odnosi się tylko do początkowego stadium wzrostu jeszcze przed wystąpieniem silnej chlorozy, wywołanej niedostatkami tlenu. Koloid ten daje więc tylko bardzo skromny efekt ilościowy, podczas gdy humian wywołuje nieporównywalny skutek jakościowy, umożliwiając roślinie, po pokonaniu krótkiego okresu zastoju, dalszy rozwój. Natomiast wyciąg z liści działa jeszcze energiczniej, niż humian przygotowany z kompostu. Pierwszorzędną rolę w działaniu próchnicy (przy niedostatku tlenu w podłożu rośliny) grają nie właściwości koloidowe próchnicy, lecz jej charakter witaminowy. Należy więc sądzić, że wzmożenie pobierania soli mineralnych pod wpływem próchnicy, obserwowane przez różnych autorów, nie jest w łańcuchu przyczynowym stymulacji przyczyną pierwszą, co zresztą już przypuszczali B ł a g o w e s z c z e n s k i i P r o z o r o w s k a j a (1934).

Skuteczność wyciągu z liści, sporządzonego według stereotypowego przepisu na biosy, każe myśleć o substancjach z grupy biosów. Wskazuje na to i wynik doświadczenia z drożdżami. W hodowli amputowanych korzeni na pożywkach, jak wiadomo najważniejszymi witaminami są aneuryna i pirydoksyna, tymczasem z opisanego w tekście doświadczenia wynika, że w niewietrzonych kulturach nie dają one właściwego efektu. Również i amid kwasu nikotynowego nie ratuje pomidorów przy niedostatku tlenowym w podłożu. Rzeczą dalszych doświadczeń będzie zbadanie skuteczności innych witamin z grupy B (zwłaszcza biotyny) i to tak oddzielnie jak i w kompleksach.

Nadspodziewanie skuteczny okazał się humian sporządzony z leczniczej borowiny krynickiej. A priori można by sądzić, że w borowinie powinno być mniej witamin, niż w świeżym (rocznym) kompoście, choć oczywiście i w borowinie witaminy być mogą (działalność drobnoustrojów). Fakt ten przemawia na korzyść poglądów Wojciechowskiego (1949), który sądzi, iż sama próchnica jest substancją fizjologicznie czynną. Z drugiej strony rzuca pewne światło na medyczne zagadnienie borowiny.

Opisane doświadczenia wykazały wreszcie, że roślina produkuje w liściach substancje, umożliwiające jej rozwój przy niedostatku tlenu w podłożu. Tym się tłumaczy zapewne zdumiewająca łatwość z jaką korzenie roślin wegetują w głębi ziemi, gdzie często wszak panuje niewątpliwy niedostatek tlenu.

W świetle tych wyników wydaje się, iż nawożenie próchnicą rozpuszczalną (świeżym kompostem) należy stosować przede wszystkim tam, gdzie warunki tlenowe gleby są niedostateczne i to w okresie początkowego rozwoju roślin. Tego rodzaju doświadczenia połowe należą już oczywiście do kompetencji nauki rolnictwa.

Streszczenie

Opierając się na stwierdzonym w poprzednich badaniach (1950) fakcie, że stymulujący wpływ próchnicy na rozwój pomidorów pojawia się przy niedostatku tlenu w pożywce, a niknie przy silnym wietrzeniu pożywki, przeprowadzono szereg dalszych doświadczeń w celu bliższego wyjaśnienia mechanizmu działania próchnicy. W szczególności dociekano, czy efekt fizjologiczny próchnicy polega wprost na wzmożeniu przenikania soli mineralnych do korzeni, czy też przyczyną pierwszą jest ingerencja próchnicy w metabolizm oksydo-redukcyjnym, kierowanym przez biokatalizatory.

Hodowano pomidory w kulturach wodnych wietrzonych i niewietrzonych, dodając do pożywek w celu porównawczym humianu sodowego oraz jego popiołu. Stwierdzono, że efekt fizjologiczny w tych warunkach polega na działaniu związków organicznych próchnicy — popiół okazał się nieczynny.

Badano wpływ próchnicy na rozwój wietrzonych i niewietrzonych kultur wodnych i piaszkowych ziemniaków, hodowanych z bulwy i rosnących bądź to w połączeniu z macierzystą bulwą, bądź odłączonych od niej. Następnie przeprowadzono podobne doświadczenie z ziemniakami, wykiełkowanymi z nasienia. Rośliny, wyhodowane z bulwy, okazały się bardzo odporne na niedostatek tlenowy w podłożu — rozwijały się one pomimo niewietrzenia pożywki i nie

wykazywały charakterystycznej chlorozy podczas doświadczenia trwającego z górą miesiąc. Nie reagowały też na dodatek próchnicy do pożywki. Natomiast ziemniaki, wykiełkowane z nasienia, zachowywały się identycznie jak siewki pomidorów — rozwijały się jedynie w kulturach wietrzonych, w niewietrzonych zaś obumierały, przy czym dodatek próchnicy w tych warunkach ratował je i umożliwiał dalszy ich rozwój.

Z kolei przeprowadzono doświadczenia porównawcze nad stymulacją pomidorów (cierpiących na niedostatek tlenu w pożywce) za pomocą próchnicy, koloidu kwasu krzemowego, tiaminy i pirydoksyny, amidu kwasu nikotynowego oraz wodnego wyciągu młodych liści bukowych. Z pomiędzy tych substancji (prócz próchnicy) jedynie wyciąg z liści okazał się czynny, a nawet przewyższał znacznie efekt działania próchnicy.

Osobne doświadczenie wykazało, że humian sodowy, sporządzony z leczniczej borowiny krynickiej nie ustępuje w działaniu na rośliny humianowi sporządzonemu z kompostu, a nawet go przewyższa.

Badano zależność efektu stymulacyjnego próchnicy od stadium rozwojowego rośliny, wykonując doświadczenie nad rozwiniętymi (1-miesięcznymi) pomidorami, przy czym okazało się, że pomidory wyrosnięte są podobnie odporne (choć w mniejszym stopniu) na niedostatek tlenu w pożywce, jak ziemniaki wyhodowane z bulwy. Próchnica wywołuje u pomidorów wyrosniętych znacznie mniejszy efekt fizjologiczny, niż u siewek.

Powtórzono doświadczenia **D z i e r z b i c k i e g o** z roku 1909 nad wpływem próchnicy na rozwój drożdży. Stwierdzono wpływ podobny, jak przy stosowaniu właściwych biosów.

Na podstawie opisanych doświadczeń wysnuwa się następujące wnioski

- 1) Efekt fizjologiczny próchnicy ma charakter witaminowy.
- 2) Efekt ten jest zależny od stadium rozwojowego rośliny, względnie od ilości ergonów, nagromadzonych w organach zapasowych rośliny (bulwach, nasionach itp.).
- 3) Rośliny produkują w liściach ergony, umożliwiające im rozwój w warunkach niedostatku tlenowego w podłożu.

Projektuje się dalsze doświadczenia w celu wyjaśnienia biochemizmu tych zjawisk fizjologicznych.

RÉSUMÉ

Les expériences antérieures (1950), ayant prouvé, que l'influence stimulante de l'humus sur l'accroissement des tomates survient avec l'insufisance de l'oxygène dans la culture et qu'elle disparaît quand la culture est bien aérée, on a effectué des nouvelles expériences ayant pour but d'expliquer le mécanisme de l'action de l'humus. Particulièrement on a sondé la question si l'influence physiologique s'effectue directement par une meilleure pénétration des sels minéraux dans les racines ou bien si l'on en doit chercher la cause première dans le rôle que joue l'humus dans le métabolisme oxydo-réductif, dirigé par les biocatalisateurs.

Les tomates ont été cultivées dans l'eau (solution nutritive), dans des cultures aérées et non aérées en ajoutant pour comparer l'humate de soude et la cendre de celui-ci. On a constaté que l'effet physiologique consiste dans ces conditions en l'activité des composés organiques de l'humus; la cendre est sans influence.

On a étudié l'influence de l'humus sur l'accroissement des cultures aérées et non aérées, dans l'eau et dans le sable, des pommes de terre élevées de la bulbe et croissant en jonction avec la bulbe maternelle ou bien séparées d'elle. Ensuite on a effectué des expériences avec les pommes de terre germées des graines. Les plantes provenant des bulbes se montrèrent très résistantes à l'insuffisance de l'oxygène dans le substratum. Elles se développaient bien malgré la non-aération des cultures et l'on n'a pas observé chez elles, pendant les expériences qui ont duré plus d'un mois, la chlorose caractéristique. Elles ne réagissaient pas non plus sur l'addition de l'humus à la culture. Par-contre, les pommes de terre élevées des graines se comportaient d'une manière identique au jeunes plantes des tomates-elles se développaient seulement dans les cultures aérées et périssaient dans les non aérées; dans ces conditions l'addition de l'humus les préservait du périssement et rendait possible leur croissance.

Ensuite on effectua des expériences comparatives sur la stimulation des tomates (souffrant de l'insuffisance de l'oxygène dans la culture) par l'addition de l'humus, du colloïde de l'acide silicique, de la thiamine et de la pyridoxine, de l'amide de l'acide nicotinique, enfin de l'extrait aquatique des feuilles jeunes du hêtre. Parmi ces substances seulement l'extrait des feuilles se montra actif. Son influence fut plus efficace même que celle de l'humus. Des expériences spéciales démentèrent que l'humate de soude, provenant

de la bourbe („borowina“) de Krynica (station balneaire, bains de boue) est aussi, et même plus efficace, que l'humate tiré du compost.

On a fait des expériences avec des tomates âgées d'un mois à fin de trouver la relation entre l'effet stimulatif de l'humus et le degré de l'évolution de la plante, et on a trouvé que les tomates en état de développement avancé sont presque aussi résistantes à l'insuffisance de l'oxygène dans la culture, que les pommes de terre élevées des bulbes. L'effet physiologique de l'humus dans ce cas est bien plus faible que chez les jeunes plantes des tomates.

On a répété les expériences de Dzierzbicki de 1909 sur l'influence de l'humus sur l'accroissement des levures et l'on a constaté qu'elle est semblable à l'influence des bioses justes (spécifiques).

Des expériences décrites ci-dessus on peut tirer les conclusions suivantes:

- 1) L'effet physiologique de l'humus manifeste un caractère vitaminieux.
- 2) Cet effet dépend du degré de développement de la plante ou bien de la quantité des ergons magasinés dans les organes de réserve de la plante (bulbes, grains, etc.).
- 3) Les plantes produisent dans leur feuilles des ergons qui leur permettent de se développer en cas de l'insuffisance de l'oxygène dans le substratum (glèbe).

Des nouveaux experiments sont projetés à fin d'éclaircir le mécanisme biochimique de ces phénomènes physiologiques.

CYTOWANA LITERATURA

1. Bortels H. 1929. Angew. Bot. 11, 258.
2. Błagoweszczenski A. W. i Prosorowskaja A. A. 1934. Biochem. Ztschr. 274, 341—345.
3. Błagoweszczenski A. W. i Prosorowskaja A. A. 1935. Biochem. Ztschr. 282, 99—103.
4. Duda J. 1947. Acta Soc. Bot. Pol. 18, 1—30.
5. Dzierzbicki A. 1909. Bull. Intern. de l'Acad. de Sc. de Cracovie. Classe d. Sc. Math. et Natur. 651—660.
6. Gumiński S. 1950. Acta Soc. Bot. Pol. 20, 589—620.
7. Krzemieniewski S. i Kovats J. 1936. Bull. de l'Academie de Sc. Cracovie Sér. B. 169—195.
8. Kuthy v. A. u. Pecznik J. 1941. Bdk. u. Pflernähr. 23, 83—90.
9. Kosticka O. 1949. Acta Soc. Bot. Pol. 20, 169—198.

10. Lundegardh H. u. Burström H. 1933. Biochem. Ztschr. 261, 235—251.
11. Lundegardh H. u. Burström H. 1935. Biochem. Ztschr. 277, 223—249.
12. Lundegardh H. 1937. Biochem. Ztschr. 290, 104.
13. Niklewski B. 1949. Nawożenie roślin na ziemiach polskich. Warszawa, Instytut Wydawn. Ruchu Ludowego „Polska“.
14. Niklewski B. i Wojciechowski J. 1938. Acta Soc. Bot. Pol. 15, 111.
15. Niklewski B. i Wojciechowski J. 1938. Acta Soc. Bot. Pol. 16.
16. Wojciechowski J. 1948. Rozpr. Pol. Ak. Umiej. 73, dz. B. 26 str.
17. Wojciechowski J. i Jeske G. 1949. Sprawozd. Poznańsk. Tow. Przyj. Nauk. T. XVI.
18. Wojciechowski J. i Kuźdowicz A. 1939. Acta Soc. Bot. Pol. 16.