

Z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS

Kierownik: prof. dr Adam Paszewski

i z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego WSR w Lublinie

Kierownik: prof. dr Anna Nowotny-Mieczynska

Eugeniusz GAWROŃSKI

**Aktywność biologiczna preparatów kwasów huminowych z ekskrementów
dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav.**

**Биологическая активность препаратов гуминовых кислот
из экскрементов дождевых червей *Allolobophora caliginosa* Sav.**

**Biological Activity of the Preparations of Humic Acids Obtained
from Excrements of *Allolobophora caliginosa* Sav.**

WSTĘP

Zagadnienie aktywności biologicznej substancji humusowych wytwarzanych w różnych naturalnych środowiskach jest jeszcze niedostatecznie zbadane. Z prac Darwina (5) oraz innych autorów (8, 9, 10, 11, 17, 18, 24, 25, 26, 45) można by wnosić, że substancje humusowe znajdujące się w ekskrementach dżdżownic wywierają szczególnie korzystne działanie na kiełkowanie, wzrost i wegetację roślin. Inni badacze rozważają kwestię chemicznego oddziaływania zespołów organizmów edaficznych, a w tym dżdżownic, na zespoły roślin tworzące wspólne biocenozy.

Nie jest wykluczone, że to chemiczne oddziaływanie realizuje się między innymi poprzez wytworzenie swoistego typu substancji humusowych.

W poprzedniej pracy (12) stwierdziłem, że ekskrementy dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav. są zasobniejsze w składniki pokarmowe łatwo dostępne roślinom i zawierają znacznie więcej niż gleba różnych form łatwo rozpuszczalnego humusu. Wyniki tej pracy zachęciły mnie do podjęcia specjalnych badań nad aktywnością biologiczną substancji humusowych z wydaliny dżdżownic.

Dotychczas, o ile mi wiadomo, aktywność biologiczna kwasów huminowych pochodzących z ekskrementów dżdżownic *A. caliginosa* Sav. nie była badana. Dlatego zająłem się dokładniej wpływem preparatów kwasów huminowych otrzymanych z tychże ekskrementów, a także z gleby, w której te dżdżownice bytowały, na wzrost i rozwój sałaty i gryki.

BADANIA WŁASNE

I. DOSWIADCZENIA Z SAŁATĄ SIEWNĄ (*LACTUCA SATIVA* L.) ODMIANA MAJOWA

Materiał, metody i warunki doświadczeń

Materiałem wyjściowym do otrzymania KH* były ekskrementy dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav. zebrane z powierzchni gleby porosłej dziko rosnącą roślinnością trawiastą (ogródek botaniczny UMCS w Lublinie, ul. Głowackiego 2) oraz gleba, w której te dżdżownice bytowały. Według danych Katedry Gleboznawstwa Wyższej Szkoły Rolniczej w Lublinie jest to sztucznie zmieniona głęboka gleba lessowa.

Exskreментy i glebę suszono na wolnym powietrzu w temperaturze pokojowej (od 18 do 23°). Następnie rozcierano drobno w móżdżerku porcelanowym i przesiano przez sito o średnicy oczek 0,5 mm.

Ekstrakcję KH wykonano według metody Simona (42), którą uproszczono stosując wstępne odmineralizowanie materiału wyjściowego i ekstrakcję KH w perkolatorach.

Osady kwasów huminowych po wytrąceniu kwasem solnym (0,5 N) odwirowano w ciągu 20 min. przy 4 000 obrotów/min.

Oczyszczanie KH od domieszek składników mineralnych i bitumicznych wykonano według Okuda i Hori (32). Oczyszczoną ciemno-brunatną masę KH po wysuszeniu w próżni nad CaCl_2 sproszkowano i przechowywano w ciemnej flaszce z doszlifowanym korkiem. Zawartość składników popielnych w obu badanych KH była niemal identyczna i wahała się od 0,78 do 0,84 %.

Przygotowanie preparatów KH i SPKH do pożywek. Preparaty KH dodawane były do pożywki w postaci roztworu przygotowanego w następujący sposób: odważki sproszkowanych i suchych preparatów KH, wyliczone na potrzebną objętość pożywki, rozpuszczono w 0,1 N NaOH i natychmiast neutralizowano 0,2 N kwasem solnym. Dawki SPKH rozpuszczano w 0,2 N HCl i natychmiast

* KH — kwas huminowy, KHG — kwas huminowy z gleby, KHE — kwas huminowy z ekskrementów; SPKH — składniki popielne kwasów huminowych; SPKHG — składniki popielne kwasów huminowych z gleby; SPKHE — składniki popielne kwasów huminowych z ekskrementów.

zobojętniano 0,1 N NaOH. Do kontroli dla wyrównania stężenia NaCl, dodawano ściśle określoną ilość roztworu 0,1 N NaOH zobojętnionego kwasem solnym. W ten sposób stężenie wytworzonego chlorku sodu we wszystkich dodawanych roztworach było wyrównane.

Przygotowanie pożywki. Pożywkę płynną przygotowano na wodzie redestylowanej dodając sole mineralne według Knopa, Fe w formie cytrynianu oraz składniki A — Z.

Założenie kultur wodnych sałaty. Nasiona sałaty podkiełkowano w ciągu 4 dni na wilgotnym piasku, a następnie 8 dni na wodzie redestylowanej. W ten sposób siewki wyczerpały wszystek materiał zapasowy. Po przeniesieniu na odpowiednie pożywki mogły więc silniej reagować na dodane w różnych stężeniach substancje próchniczne.

Obiektem badań były 12-dniowe siewki sałaty, które użyto do doświadczeń wykonanych według następującego planu:

1. Seria doświadczeń, która dotyczyła porównania aktywności biologicznej KHE i KHG w zależności od stężenia.

Stosowano dawki: a) KHE w ilości 3, 10, 30 i 90 mg

b) KHG w ilości 3, 10, 30 i 90 mg

2. Seria doświadczeń, która dotyczyła porównania domniemanego działania na rośliny składników mineralnych SPKHE i SPKHG znajdujących się w spopielonych dawkach KH. Stosowano dawki popiołu otrzymane:

a) z 3, 10, 30 i 90 mg KHE, które oznaczono odpowiednio symbolami SPKHE 3, 10, 30 i 90.

b) z 3, 10, 30 i 90 mg KHG, które oznaczono odpowiednio symbolami SPKHG 3, 10, 30 i 90.

3. Seria kontrolna obejmowała rośliny rosnące na samej pożywce.

Dawki KH i SPKH stosowano na litr pożywki. Wszystkie doświadczenia wykonano w 5 powtórzeniach. W jednym powtórzeniu było 5 roślin.

Przebieg doświadczenia. Doświadczenie przeprowadzano w szklarni¹. Roślinom zapewniono optymalne warunki wegetacji (możliwie równe oświetlenie, temp. od 18 do 32°C, wilgotność od 68 do 73 %).

Rośliny rosły w erlenmajerkach, do których dawano 150 ml odpowiedniej pożywki. Odczyn pożywki pH 6,2 ustalano elektrometrycznie. W ciągu wegetacji odczyn mierzono przed każdorazową zmianą pożywki,

¹ Panu Prof. Drowi Piotrowi Wiśniewskiemu Kierownikowi Katedry Botaniki Ogólnej UMCS składam gorące podziękowanie za użyczenie wolnego miejsca w szklarni.

a także przed likwidacją doświadczenia. Podczas wegetacji odczyn wahał się w granicach pH od 6,0 do 6,6. Nie zanotowano specjalnych prawidłowości wahań pH w poszczególnych kombinacjach pożywek. Pożywki zmieniano 3 razy.

Uzupełnianie wytranspirowanej wody i wietrzenie pożywek wykonywano raz dziennie. Wzorowano się na sposobie wietrzenia kultur wodnych podanych przez Gumińskich (16).

Doświadczenia przeprowadzano od 14 VIII do 11 IX 1957 r.

Likwidacja doświadczenia. Korzenie roślin po wyjęciu z pożywek splukiwano wodą destylowaną i osuszano bibułą.

Suchą masę plonu dla każdego naczynia, oddzielnie korzeni i oddzielnie pędów z liśćmi, oznaczano wagowo po wysuszeniu materiału roślinnego w temp. 105°C.

Materiał liczbowy opracowano statystycznie stosując sprawdzian „F” oraz sprawdzian „t” (6).

WYNIKI

Wzrost siewek sałaty we wszystkich kombinacjach pożywek był początkowo jednakowy. Dopiero w okresie od 8 do 12 dnia wegetacji zaczęły pojawiać się różnice w rozwoju systemu korzeniowego. Rośliny rosnące na pożywce z dodatkiem KHE w ilości 10 mg, a przede wszystkim 30 mg na litr pożywki, wytwarzały większą ilość stosunkowo dłuższych korzeni bocznych. Dawki 90 mg hamowały wzrost siewek sałaty, a dawki 3 mg, w porównaniu z kontrolą nie wywoływały różnic dających się stwierdzić wizualnie. Należy podkreślić, że liście siewek rosnących na pożywce z dawkami 10 i 30 mg KHE były lepiej rozwinięte, miały większą powierzchnię asymilacyjną i charakteryzowały się intensywniejszym zabarwieniem zieleni. Oprócz tego na uwagę zasługuje fakt, że na pożywkach z dawkami KHG zaznaczające się różnice dotyczyły roślin rosnących w niższych stężeniach, głównie 3 mg. Przy innych stężeniach KH brak było łatwo dostrzegalnych różnic.

Także nie obserwowano różnic między kombinacją roślin kontrolnych a rosnących na pożywce z dodatkiem roztworu SPKHE i SPKHG.

Bardziej wyraźne różnice niż dostrzegalne wizualnie dało:

A. Porównanie suchej masy plonów siewek sałaty otrzymanych na pożywkach z dodatkiem KH w zależności od stężenia KHE lub KHG w pożywce.

W tab. 1 zestawiono średnie wartości plonów całych roślin, a oprócz tego oddzielnie korzeni oraz pędów z liśćmi. Wyniki te wskazują, że wpływ wielkości dawek, zarówno KHE, jak KHG przejawiał się wyraźnie. Różnice są statystycznie udowodnione ($F^0 > F^{0.05}$). Różnice

Tab. 1. Przeciętny plon s. m. siewek sałaty w g w zależności od wielkości dawek kwasów huminowych
 Dependence of the average yield (d. w.) of lettuce seedlings in g to doses of humic acids

Części roślin Parts of plants	KHE	śred- nia (\bar{x})	Dawki KH w mg/l pożywki Doses of KH in mg/l of nutrient medium			\bar{x}	F°	F _{0,05}	prze- dział ufności Confidence interval	
			3	10	30					90
Cieło rośliny (Wartość średnia s. m. plonu na pożywce K = $\bar{x} \pm m = 0,0966 \pm 0,0037$) Whole plants (average value of the yield in dry weight in the medium K = $\bar{x} \pm m = 0,0966 \pm 0,0037$)	KHE	\bar{x} m	0,1236 0,0102	0,1268 0,0065	0,1324 0,0026	0,1034 0,0052	3,53 —	3,24 —	0,0202 —	
	KHG	\bar{x} m	0,1246 0,0037	0,1238 0,0076	0,1118 0,0019	0,1014 0,0051	4,85 —	3,24 —	0,0150 —	
Korzenie (Wartość średnia s. m. plonu na pożywce K = $\bar{x} \pm m = 0,0192 \pm 0,0011$) Roots (average value of the yield in dry weight in the medium K = $\bar{x} \pm m = 0,0192 \pm 0,0011$)	KHE	\bar{x} m	0,0264 0,0022	0,0328 0,0034	0,0253 0,0020	0,0180 0,0015	6,49 —	3,24 —	0,0071 —	
	KHG	\bar{x} m	0,0266 0,0025	0,0292 0,0026	0,0204 0,0017	0,0216 0,0020	3,43 —	3,24 —	0,0067 —	
Pędy i liście (Wartość średnia s. m. plonu na pożywce K = $\bar{x} \pm m = 0,0774 \pm 0,0039$) Stalks and leaves (average value of the yield in dry weight in the medium K = $\bar{x} \pm m = 0,0774 \pm 0,0039$)	KHE	\bar{x} m	0,0972 0,0088	0,0940 0,0045	0,1066 0,0024	0,0874 0,0039	2,61 —	3,24 —	— —	
	KHG	\bar{x} m	0,0980 0,0046	0,0946 0,0065	0,0914 0,0032	0,0798 0,0042	2,73 —	3,24 —	— —	

zanotowano również dla plonów korzeni. Natomiast plony s. m. pędów z liśćmi, chociaż wahały się w zależności od koncentracji KH w pożywkach, to jednak różnice były zaledwie na granicy istotności ($F^0 > F^{0.05}$).

1. Porównanie efektywności działania KHE i KHG na przyrost plonu sałaty. Chodziło mianowicie o to, które spośród stosowanych koncentracji KH pod względem aktywności biologicznej wykazują lepsze, a które gorsze działanie na przyrost plonu siewek sałaty. Wyniki z przeprowadzonej analizy statystycznej (tab. 2) pozwalają na zanotowanie następujących wniosków.

Spośród stosowanych dawek KHE działanie stymulacyjne dawki 90 mg tego kwasu na przyrost plonu sałaty było istotnie gorsze od pozostałych dawek. Analogiczny efekt działania zanotowano dla 90 mg

Tab. 2. Różnice wartości s. m. plonu dla różnych dawek KH
Differences of values of the yield in dry weight for various doses of KH

Części roślin Parts of plants	Pożywki Nutrient mediums	Wartość różnic średnich plonu $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ ¹ w g, przy dawkach KH i, j w mg Differences of the mean values of the yield $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ ¹ in g at doses of KH i, j in mg			
		j	i		
			3	10	30
Całe rośliny Whole plants	KHE	10	-0,0032	—	—
		30	-0,0088	-0,0056	—
		90	+0,0202 *	+0,0234 *	+0,0290 *
	KHG	10	+0,0008	—	—
		30	+0,0128	+0,0120	—
		90	+0,0232 *	+0,0224 *	+0,0104
	średnio mean	10	-0,0012	—	—
		30	+0,0020	+0,0032	—
		90	+0,0217 *	+0,0229	+0,0197 *
Korzenie Roots	KHE	10	-0,0064	—	—
		30	+0,0006	+0,0070	—
		90	-0,0084 *	+0,0148	+0,0078 *
	KHG	10	-0,0026	—	—
		30	+0,0062	+0,0088 *	—
		90	+0,0050	+0,0076 *	-0,0012

Oznaczenia: ¹ — obliczono z wartości średnich podanych w tab. 1; przykład: dla i = 3 mg $\bar{x}_i = 0,1236$; dla j = 10 mg $\bar{x}_j = 0,1268$; $\bar{x}_i - \bar{x}_j = -0,0032$
estimation based on the mean values given in Table 1; example:
for i = 3 mg. $\bar{x}_i = 0,1236$; for j = 10 mg. $\bar{x}_j = 0,1268$ $\bar{x}_i - \bar{x}_j = -0,0032$
* — różnice istotne — significant differences

dawki KHG. Jednakże w porównaniu z dawką 30 mg różnica plonu wytworzonego pod działaniem dawki 90 mg nie była statystycznie udowodniona.

Analizując plon całych roślin sałaty (tab. 2 pozycja „średnio”) otrzymany na pożywkach zarówno z dodatkiem KHE, jak z dodatkiem KHG stwierdzono, że dawka 90 mg była istotnie gorsza od dawek 3, 10 i 30 mg.

Wyniki analizy plonu (oddzielnie korzeni i oddzielnie pędów z liśćmi) wykazują, że wpływ 90 mg dawek KHE na przyrost plonu suchej masy korzeni był również istotnie gorszy od wpływu pozostałych dawek tego kwasu.

Nie stwierdzono, aby działanie którejkolwiek dawki badanych KH wywierało istotny wpływ na przyrost plonu pędów z liśćmi. Natomiast dla przyrostu plonów korzeni dawki 30 i 90 mg KHG okazały się gorsze od dawki 10 mg.

2. Porównanie wartości plonów uzyskanych na pożywkach z dodatkiem różnych stężeń KHE lub KHG. Należało przede wszystkim stwierdzić, czy jednakowe koncentracje stosowanych KH dają taką samą wyższą wartość s. m. plonu sałaty. Wyjaśnienie tego zagadnienia było konieczne z dwóch względów; po pierwsze, różnice były zbyt subtelne, dlatego nie mogły być odróżnione wizualnie; po drugie, należało ustalić optymalnie działające dawki, przy których uzyskiwano maksymalne wartości plonu. Odpowiedź na te zagadnienia dały wyniki analizy statystycznej (tab. 3). Wskazują one, że KHE był istotnie aktywniejszy od KHG. Rezultatem korzystniejszego oddziaływania KHE był znaczny wzrost plonu całych roślin oraz pędów i liści. Natomiast na korzeniach działanie stymulacyjne KHE nie przejawiało się w sposób istotny na skutek dużej zmienności wyników. Należy jednak podkreślić, że wartość sprawdzianowa empiryczna dla różnicy plonu przy dawce 30 mg znacznie przewyższa wartości sprawdzianowe dotyczące różnic plonów otrzymanych przy pozostałych dawkach, co świadczy o niewątpliwie korzystniejszym wpływie 30 mg dawki KHE na przyrost s. m. plonu korzeni w porównaniu z taką samą dawką KHG. A więc optymalną dawką KHE, dającą maksymalny przyrost plonu s. m. siewek sałaty, była dawka 30 mg na litr pożywki.

Wyniki z przeprowadzonej analizy wartości plonów pozwalają wysunąć następujący wniosek ogólny: Jednakowe pod względem stężenia dawki KH, pochodzące z różnego materiału wyjściowego, tzn. ekskrementów dżdżownic i z gleby, nie wykazują równej aktywności biologicznej.

Tab. 3. Porównanie wpływu KHE i KHG na wzrost wartości s. m. plonu sałaty w zależności od koncentracji KH

A comparison of the effect of KHE and KHG on the increase of the lettuce yield, in dry weight, if the concentration varies

Części roślin Parts of plants	Pożywki Nutrient medium	Dawki KH w mg Doses of KH in mg	Wartość różnicy plonu w g Difference of the yield in g	t^0	$t^{0,05}$	Przedział ufności Confidence interval
Całe rośliny Whole plants	KHE-KHG	3	-0,0010	0,09	2,78	—
		10	+0,0030	0,30	2,31	—
		30	+0,0206 *	6,48	2,31	0,0073
		90	+0,0020	0,27	2,31	—
Korzenie Roots	KHE-KHG	3	+0,0002	0,06	—	—
		10	-0,0036	0,85	2,31	—
		30	+0,0054	2,06	—	—
		90	-0,0036	1,42	—	—
Pędy i liście Stalks and leaves	KHE-KHG	3	-0,0008	0,08	—	—
		10	-0,0006	0,08	—	—
		30	+0,0152 *	3,81	2,31	0,0092
		90	+0,0056	0,98	—	—

Oznaczenia: * — różnice istotne — significant differences

B. Porównanie plonów siewek sałaty otrzymanych na pożywkach z dodatkiem składników popielnych (SPKH) ze spopielonych dawek KH.

Wyniki dotyczące wpływu koncentracji dodawanych do pożywki składników popielnych, znajdujących się w spopielonych dawkach badanych KH, na zmianę plonu sałaty zestawiono w tab. 4.

Jak widać, wielkość dawek składników popielnych nie miała zasadniczego wpływu na zmianę plonu s. m. sałaty ($F^0 < F^{0,05}$), z wyjątkiem plonu s. m. całych roślin, gdzie zanotowano odchylenie w kombinacji z dodatkiem SPKHG ($F^0 = 3,28 > F^{0,05} = 3,24$). W związku ze stwierdzeniem wpływu składników popielnych na plon sałaty, ta część doświadczenia wymagała dokładniejszego rozpatrzenia i wyjaśnienia przyczyny powstania odchylenia.

Na podstawie przeprowadzonej szczegółowej analizy statystycznej (do porównania służył materiał liczbowy zamieszczony w tab. 4), stwierdzono, że tylko dawki SPKHG 90 powodowały istotną zwyżkę s. m. plonu całych roślin sałaty. Przy niższych dawkach różnice plonów były nieistotne (tab. 5).

Tab. 4. Przeciętny plon s. m. siewek sałaty w g w zależności od wielkości dawek SPKH
 Dependence of average yield of lettuce seedlings in g (dry weight) on doses of SPKH

Części roślin Parts of plants	SPKH	średnia (\bar{x}) Mean (\bar{x})	Dawki SPKH na litr pożywki Doses of SPKH per 1 l of nutrient medium			\bar{x}	F ⁰	F ^{0,05}	Prze- dział ufności Confi- dence interval	
			2	10	30					90
			s. m. plonu w g yield in g (d. w.)							
Całe rośliny (Wartość średnia s. m. plonu w g na pożywce K = $\bar{x} \pm m = 0,0966 \pm 0,0037$) Whole plants [average value of the yield (d. w.) in g in nutrient medium K = $\bar{x} \pm m = 0,0966 \pm 0,0037$]	SPKHE	\bar{x} m	0,0944 0,0051	0,0880 0,0066	0,0928 0,0028	0,0936 0,0057	3,30 —	8,70 —	— —	
	SPKHG	\bar{x} m	0,0874 0,0051	0,0904 0,0038	0,0894 0,0038	0,1034 0,0030	3,28 —	3,24 —	0,0120 —	
Korzenie (Wartość średnia s. m. plonu w g na pożywce K = $\bar{x} \pm m = 0,0192 \pm 0,0011$) Roots [average value of the yield (d. w.) in g in nutrient medium K = $\bar{x} \pm m = 0,0192 \pm 0,0011$]	SPKHE	\bar{x} m	0,0180 0,0013	0,0186 0,0017	0,0176 0,0011	0,0178 0,0014	10,26 —	— —	— —	
	SPKHG	\bar{x} m	0,0166 0,0010	0,0162 0,0010	0,0166 0,0012	0,0194 0,0009	1,94 —	3,24 —	— —	
Pędy i liście (Wartość średnia s. m. plonu w g na pożywce K = $\bar{x} \pm m = 0,0774 \pm 0,0039$) Stalks and leaves [average value of the yield (d. w.) in g in nutrient medium K = $\bar{x} \pm m = 0,0774 \pm 0,0039$]	SPKHE	\bar{x} m	0,0764 0,0042	0,0694 0,0050	0,0752 0,0027	0,0758 0,0058	1,73 —	8,70 —	— —	
	SPKHG	\bar{x} m	0,0708 0,0044	0,0742 0,0031	0,0728 0,0041	0,0840 0,0033	2,42 —	3,24 —	— —	

Tab. 5. Różnice wartości s. m. plonu dla różnych dawek SPKHG
Differences of yield values (d. w.) for various doses of SPKHG

Części roślin Parts of plants	Pożywki Nutrient mediums	Wartości różnic średnich plonu $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ w g, przy dawkach SPKHG i, j Differences of mean yields $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ in g at i, j doses of SPKHG			
		j	i		
			SPKHG 3	SPKHG 10	SPKHG 30
Całe rośliny Whole plants	SPKHG	SPKHG 10	-0,0030	—	—
		SPKHG 30	-0,0020	+0,0010	—
		SPKHG 90	-0,0160 *	-0,0130 *	-0,0140 *

Oznaczenia: ¹ — obliczono z wartości średnich podanych w tab. 4; przykład dla $i = \text{SPKHG } 3$ $\bar{x}_i = 0,0874$; dla $j = \text{SPKHG } 10$ $\bar{x}_j = 0,0904$; $\bar{x}_i - \bar{x}_j = -0,0030$

estimation based on mean values given in Table 4; example for $i = \text{SPKHG } 3$ $\bar{x}_i = 0.0874$; for $j = \text{SPKHG } 10$ $\bar{x}_j = 0.0904$; $\bar{x}_i - \bar{x}_j = -0.0030$

* — różnice istotne — significant differences

Uogólniając otrzymane wyniki zestawione w tab. 4 i 5, można powiedzieć, że różnice były istotne w przypadku porównywania plonu otrzymanego na pożywce z dawką SPKHG 90 w stosunku do plonów otrzymanych na pożywkach z dawkami tychże SPKHG 3, 10 i 30. Porównując wartości plonów odnoszących się do pozostałych badanych kombinacji pożywek otrzymano we wszystkich innych możliwych przypadkach porównań różnice statystycznie nie udowodnione.

C. Porównanie plonów sałaty otrzymanych na pożywkach z dodatkiem KH z plonami otrzymanymi na pożywkach z dodatkiem SPKH.

W ten sposób opracowane statystycznie porównanie wartości plonów miało dostarczyć odpowiedzi na pytanie, czy rośliny rosnące na pożywce z dawkami SPKH mogą być traktowane na równi z roślinami kontrolnymi.

Porównywano plony otrzymane na pożywce z dodatkiem poszczególnych koncentracji KH (tab. 1) z plonami otrzymanymi na pożywkach z dodatkiem SPKH (tab. 4). Statystyczną ocenę tych porównań streszczają wyniki zestawione w tab. 6. Jak widać, różnice s. m. plonu sałaty zależały przede wszystkim od stężenia KH w pożywkach. Stężenie 3 mg KHE dawały najniższe wartości statystycznie istotnych różnic plonu s. m. całych roślin sałaty. Średnie wartości otrzymano przy 10 mg dawce, a najwyższe przy dawce 30 mg. Koncentracja 90 mg nie wykazywała działania stymulacyjnego. Różnica nie była istotna.

Tab. 6. Porównanie s. m. plonów sałaty dla różnych dawek KH i odpowiadających im dawek składników popielnych
Comparison of lettuce yields (d. w.) for various doses of KH and their equivalent doses of ash components

Części roślin Parts of plants	Pożywki Nutrient mediums	Daw- ki Do- ses	Wartość różnicy plonu w g Difference of yield in g	t ⁰	t ^{0,05}	Przedział ufności Confidence interval
Całe rośliny Whole plants	KHE-SPKHE	3	+0,0292 *	2,56	2,306	0,0263
		10	+0,0388 *	4,19		0,0214
		30	+0,0396 *	10,48		0,0087
		90	+0,0098	1,26		—
	KHG-SPKHG	3	+0,0372 *	5,90	2,306	0,0145
		10	+0,0334 *	4,39		0,0175
		30	+0,0224 *	5,30		0,0098
		90	—0,0020	0,34		—
Mean Srednio	1/2 (KHE + KHG) — 1/2 (SPKHE + SPKHG)	3	+0,0332 *	5,31	2,101	0,0131
		10	+0,0361 *	6,06		0,0125
		30	+0,0310 *	7,06		0,0092
		90	+0,0039	0,80		—
Korzenie Roots	KHE-SPKHE	3	+0,0084 *	3,25	2,306	0,0060
		10	+0,0142 *	3,74		0,0080
		30	+0,0082 *	3,63		0,0052
		90	+0,0002	0,10		—
	KHG-SPKHG	3	+0,0100 *	3,67	2,306	0,0063
		10	+0,0130 *	4,69		0,0064
		30	+0,0038	1,79		—
		90	+0,0022	0,98		—
Pędy i liście Stalks and leaves	KHE-SPKHE	3	+0,0208	2,14	2,308	—
		10	+0,0246 *	3,69		0,0154
		30	+0,0314 *	8,71		0,0083
		90	+0,0096	1,56		—
	KHG-SPKHG	3	+0,0272 *	4,21	2,306	0,0147
		10	+0,0204 *	2,83		0,0166
		30	+0,0186 *	3,56		0,0120
		90	—0,0042	0,79		—

Oznaczenia: * — różnice istotne — significant differences

Natomiast takie same wartości stężeń KHG dawały niemalże odwrotny efekt. Koncentracja 3 mg dawała najwyższą istotną wartość różnicy. Przy stężeniu 10 i 30 mg różnice stopniowo malały. Wreszcie

dawka 90 mg tak dalece obniżyła plon, że otrzymano różnice nieistotne i nawet o wartości ujemnej.

Przy ocenie wartości plonu średnio otrzymano wyniki bardziej wyrównane. Wpływ koncentracji KHE na różnice plonu s. m. korzeni sałaty był optymalny przy stosowaniu 10 mg tego kwasu. Znacznie niższe różnice otrzymano przy koncentracji 3 i 30 mg. Natomiast dawka 90 mg KHE w porównaniu z dawką SPKHE 90 nie wykazywała różnic w plonie.

Następnie wykazano, że na wzrost różnicy plonu s. m. pędów i liści roślin sałaty korzystny wpływ wywierała dawka 10 i 30 mg KHE. Natomiast przy dawkach 3 i 90 mg różnice nie były istotne. Przypuszczalnie dawka 3 mg była zbyt niska i dlatego nieaktywna. Natomiast dawka 90 mg była prawdopodobnie za wysoka, działała więc hamująco na wzrost plonu pędów i liści siewek sałaty.

Należy również zaznaczyć, że KHG miał decydujący wpływ na wzrost wartości różnic plonu s. m. korzeni sałaty przy niższych koncentracjach (3 i 10 mg). Wyższe stężenia (30 i 90 mg) nie dawały istotnej zmiany różnicy plonu s. m. korzeni sałaty. Niższe dawki KHG oddziaływały korzystnie na zwykłą różnicę plonu pędów i liści. Przy dawce 90 mg wartość różnicy plonu s. m. pędów i liści była ujemna i nieistotna. Jak widać istnieją dość przekonujące dowody, że koncentracja 90 mg zarówno KHE, jak KHG działała hamująco na wzrost sałaty.

Wyniki zestawione w tab. 6 pozwalają na zanotowanie następujących wniosków. Dawki KHE działają aktywniej w kierunku wyższej koncentracji (10, a przede wszystkim 30 mg), natomiast aktywność KHG jest wyższa przy niższych stężeniach (3 i 10 mg). Działanie więc KHE w porównaniu z działaniem KHG było odmienne. Natomiast porównanie plonów otrzymanych na pożywkach z dodatkiem KH, tak z gleby, jak z ekskrementów dżdżownic, z plonami otrzymanymi na pożywkach z dodatkiem składników popielnych wykazało, że nie ma istotnego wpływu dawek SPKH na przyrost plonu sałaty.

II. DOŚWIADCZENIA Z GRYKĄ ZWYCZAJNĄ (*FAGOPYRUM SAGITTATUM* GILIB.)

Doświadczenie z gryką miało na celu sprawdzenie aktywności biologicznej tych samych KH, co w doświadczeniu z sałatą na innym gatunku roślin. Z badań Niklewskiego i Wojciechowskiego (29) można by wnosić, że gryka jest rośliną bardzo wrażliwą na działanie kwasów humusowych. Autorzy stosując dawkę 110 mg kwasu humusowego z torfu niskiego na litr pożywki płynnej Cronego otrzymali niemal 8-krotną zwykłą s. m. plonu gryki. Duża wrażliwość,

stosunkowo krótki okres wegetacji i dobry rozwój w kulturach wodnych sprawia, że gryka może być szczególnie przydatna do badań aktywności biologicznej substancji humusowych.

Materiał, metoda i warunki doświadczenia

Siedmiodniowe siewki gryki wykiełkowane na piasku, przenoszono po 5 sztuk do zlewek jenajskich z zawartością 250 ml odpowiedniej pożywki o takim samym składzie soli mineralnych, jak w doświadczeniu z sałatą. Sposób dawkowania KH, warunki hodowli i zabiegi pielęgnacyjne były podobne, jak w doświadczeniu z sałatą.

Plan doświadczenia

1. Kombinacja z dodatkiem 30 mg KHE na litr pożywki.
2. Kombinacja z dodatkiem 30 mg KHG na litr pożywki.
3. Kontrola (K) — czysta pożywka.

Doświadczenie wykonano w pięciu powtórzeniach. Zastosowanie 30 mg dawki kwasów humusowych było podyktowane tym, że w doświadczeniu z sałatą taka koncentracja kwasu huminowego z ekskrementów dżdżownic dawała maksymalną wyżkę plonu.

W okresie wegetacji roślin, wyczerpaną pożywkę zmieniano 4-krotnie. Odczyn pożywki ustalano na pH 6,2. Wahanie odczynu w czasie wzrostu roślin było nieznaczne (pH 6,0 do 6,4).

Okres wegetacji trwał 36 dni (od 25 VI do 31 VII 1958 r.). Przed likwidacją rośliny sfotografowano, potem wyjmowano z pożywki, korzenie płukano wodą destylowaną i osuszano bibułą filtracyjną. Następnie mierzono wysokość łodyg od środka szyi korzeniowej do wierzchołka wzrostu łodygi.

Dla dokładniejszego zanalizowania wpływu stosowanych kwasów huminowych na wzrost plonu świeży materiał roślinny suszono w temp. 105°C. Suchą masę oznaczano razem dla 5 roślin z każdego naczynia. Materiał liczbowy opracowano statystycznie stosując sprawdzian t Studenta (6).

Przebieg hodowli i obserwacje w okresie wegetacji gryki zwyczajnej

W ciągu pierwszych trzech tygodni wzrost roślin był jednakowy we wszystkich kombinacjach pożywek. Wyraźne różnice we wzroście pędów i korzeni zaczęły zaznaczać się w czwartym tygodniu wegetacji. Na początku piątego tygodnia wegetacji rośliny rosnące na pożywce K w porównaniu z rosnącymi na pożywce z dodatkiem KH, były znacznie

mniejsze, miały intensywniejsze różowe zabarwienie łodyg i drobniejsze ulistnienie. System korzeniowy tych roślin był słabiej rozwinięty (korzenie były krótsze i było ich mniej). Pod koniec doświadczenia obserwowane różnice zaznaczały się ostrzej. Prócz wymienionych różnic stwierdzono, że w kulturze z czystą pożywką (K) rośliny transpirowały mniej wody. Najintensywniej transpirowały rośliny rosnące na pożywce z dodatkiem KHE. W kombinacji tej zaobserwowano wyraźne przyspieszenie wzrostu i rozwoju roślin. Świadczyć może o tym fakt, że w końcu doświadczenia 8 roślin kwitło, a 5 miało wykształcone pąki kwiatowe. W kombinacji z dodatkiem KHG kwitło 5 roślin i 3 miało pąki. Spośród roślin kontrolnych (K) tylko jedna roślina miała kwiaty, a dwie pąki kwiatowe. Zauważono, że dolne liście na pędach roślin kontrolnych więdły i usychały wcześniej niż na roślinach rosnących na pożywkach z dodatkiem kwasów huminowych.

WYNIKI

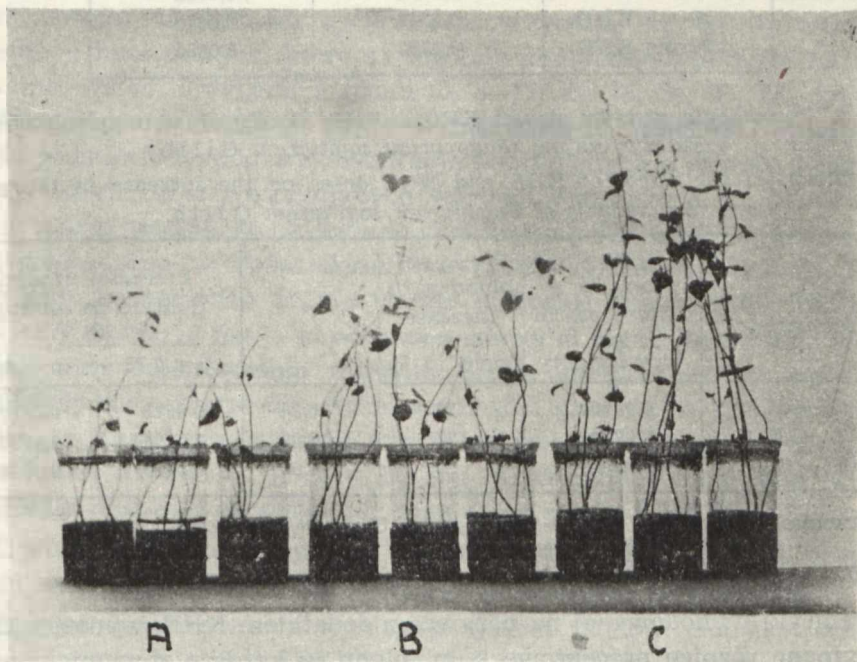
Przeprowadzone doświadczenie pozwoliło zanotować następujące obserwacje, wyniki i wnioski. Siewki gryki rosnące na pożywce z dodatkiem KH charakteryzowały się bujniej rozwiniętym systemem korzeniowym, wyższymi pędami (ryc. 1 i tab. 7), z mniej intensywną różową pigmentacją, obficie wykształconymi liśćmi o większej powierzchni asymilacyjnej i nieco wcześniejszym wytwarzaniem pąków kwiatowych. Należy podkreślić, że chociaż wymienione cechy występowały zarówno u siewek rosnących na pożywce z KHE, jak z KHG, to jednak u siewek rosnących na pożywce z KHE różnice te były wyraźniejsze.

Tab. 7. Wysokość łodyg gryki zwyczajnej (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.)

Height of stalks (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.)

Wysokość łodyg w cm Height of stalks in cm	Liczba roślin hodowanych na pożywkach Number of plants grown in nutrient mediums		
	K	+30 mg KHG	+30 mg KHE
10 — 15	16	5	3
16 — 20	5	8	5
21 — 25	4	10	8
26 — 30	—	2	7
31 i wyżej and higher	—	—	2
Razem Total	25	25	25

Na podstawie otrzymanych wyników z pomiarów wysokości pędów gryki (tab. 7) stwierdzono, że najwięcej roślin wysokich (od 21 do 30 cm) wyrosło na pożywce z dodatkiem KHE. Rośliny wyhodowane na pożywce z dodatkiem KHG miały pędy średniej wielkości. Najniższe rośliny były na pożywce K.



Ryc. 1. Wzrost gryki zwyczajnej (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.)

A — kontrola, B — na pożywce z dawką 30 mg KHG,

C — na pożywce z dawką 30 mg KHE

Growth of *Fagopyrum sagittatum* Gilib.

A — control, B — in medium containing 30 mg of KHG,

C — in medium containing 30 mg of KHE

Jak widać (ryc. 1, tab. 7) w porównaniu z kontrolą wpływ dawki 30 mg KHE i KHG zaznaczył się wyraźnie na wzroście elongacyjnym pędów siewek gryki zwyczajnej.

Ciekawsze wyniki i bardziej miarodajne dla oceny aktywności biologicznej badanych kwasów huminowych otrzymano z oznaczenia s. m. plonu (tab. 8 i 9). Sucha masa plonu siewek gryki otrzymanego na pożywce z dodatkiem KHG była wyższa o 76% od plonu roślin kontrolnych (tab. 9).

Znacznie wyższą różnicę plonu otrzymano na pożywce z dodatkiem KHE. W tym przypadku nadwyżka wynosiła 127%. W porównaniu z plonem gryki otrzymanym na pożywce z dodatkiem KHG, nadwyżka

Tab. 8. Plon s. m. gryki zwyczajnej (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.) w g
Yield of *Fagopyrum sagittatum* Gilib. in g (dry weight)

Pożywka Nutrient medium	\bar{x}	m
K	0,0774	0,0052
+30 mg KHG	0,1364	0,0079
+30 mg KHE	0,1758	0,0055

Tab. 9. Porównanie wpływu dawki KHG i KHE na wzrost s. m. plonu siewek
gryki zwyczajnej (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.)

Comparison of the effect of KHB and KHE doses on the increase in the yield
(dry weight) of *Fagopyrum sagittatum* Gilib.

Porównania Compared	Różnice s. m. plonu w g Differences of the yield in g (dry weight)	Przyrost plonu w % Increase in the yield in %	t^0	Przedział ufności Confidence interval	
				p = 0,95	p = 0,99
KHG — K	0,0590 *	76	6,24	0,0218	0,0317
KHE — K	0,0984 *	127	13,05	0,0174	0,0253
KHE — KHG	0,0394 *	29	4,08	0,0223	0,0324

Oznaczenia: * — różnice istotne przy ryzyku błędu 1%
significant differences within the limits of 1%

plonu gryki wyhodowanej na pożywce z dodatkiem KHE, wynosiła 29%. Otrzymane różnice procentowe s. m. plonu w każdym z wymienionych przypadków są statystycznie udowodnione.

Z przytoczonych wyników widać, że zmiany zanotowane podczas vegetacji siewek gryki oraz różnice stwierdzone na podstawie pomiarów wysokości pędów, a przede wszystkim wartości s. m. plonu dotyczą obu stosowanych KH, jednak działanie KHE na wzrost i rozwój siewek jest korzystniejsze.

Na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych doświadczeń z sałatą i gryką można wnosić, że przewaga aktywności biologicznej preparatu KHE nad preparatem KHG jest oczywista. Pozostaje jednak do wyjaśnienia pytanie, jakimi własnościami fizyko-chemicznymi charakteryzowały się oba stosowane KH. Przypuszczano bowiem, że wyższą aktywność biologiczną preparatu KHE była spowodowana odmiennymi własnościami fizyko-chemicznymi.

W związku z tym w osobnych badaniach (13) stwierdzono, że KHE w porównaniu z KHG charakteryzował się wyższą zawartością C i N, odmiennymi wartościami stosunku C/N i wyższym współczynnikiem ekstynkcji.

DYSKUSJA

W dotychczasowych badaniach nad wpływem substancji humusowych na rośliny brak było eksperymentalnych danych co do aktywności biologicznej preparatów KH otrzymanych z ekskrementów dżdżownic, chociaż w literaturze od dawna spotyka się wzmianki, że dżdżownice dzięki swojej działalności życiowej przyczyniają się do wytwarzania substancji humusowych, które szczególnie korzystnie wpływają na kiełkowanie, wzrost i wegetację roślin (5, 8, 11, 17, 18, 24, 25, 26, 45).

Otrzymane w niniejszej pracy wyniki lukę tę częściowo wypełniają.

Na podstawie wyników z obserwacji, poczynionych w okresie wegetacji sałaty i gryki, oraz z otrzymanych wartości przyrostu s. m. plonu tych roślin można wnosić, że aktywność stosowanych KH nie była jednakowa. Jak stwierdzono w doświadczeniu z sałatą, optimum działania KHE było przy koncentracji 30 mg na litr pożywki. Nieco słabsze działanie wykazały dawki 10 mg, a najslabsze — dawki 3 mg. Koncentracje 90 mg wywoływały zahamowanie wzrostu. Efekty otrzymane pod wpływem KHG były nieco odmienne. Różnica polegała głównie na tym, że wyższe plony otrzymano przy niższych koncentracjach (3 i 10 mg), dawka 30 mg była mniej korzystna. Dawka 90 mg KHG silniej hamowała wzrost i obniżała plon siewek sałaty niż taka sama dawka KHE (tab. 6).

Oprócz tego zanotowano, że korzystne działanie KHE na przyrost plonu sałaty przejawiało się w szerszym zakresie koncentracji.

Specjalnego omówienia wymagają wyniki plonów sałaty otrzymane na pożywce z dawkami SPKHG 90 (tab. 4). Istotny wpływ składników popielnych ze spopielonych dawek kwasów huminowych na przyrost s. m. plonu sałaty przejawiał się tylko przy dawce SPKHG 90 (tab. 5). Na tej podstawie można by wnosić, że składniki mineralne zawarte w SPKHG różnią się od składników mineralnych SPKHE i że skład soli mineralnych w pożywce nie był korzystny dla wzrostu sałaty skoro dawki SPKHG 90 powodowały zwiększenie plonu.

W przeprowadzonej szczegółowej analizie statystycznej (tab. 4, 5, 6), nie udowodniono wpływu SPKH na przyrost plonu sałaty w przypadku porównywania wartości plonów otrzymanych: 1 — na pożywce z dodatkiem KH w zakresie wszystkich stosowanych koncentracji; 2 — na pożywce K.

Wpływ dawki SPKHG 90 na przyrost plonu całych roślin sałaty jest o tyle zastanawiający, że odmineralizowanie obu badanych KH wykonano jednakową metodą, i zawartość składników popielnych w tych kwasach była niemal identyczna (od 0,78 do 0,84%).

Pozostaje zatem do wyjaśnienia kwestia, czy w przypadku stosowania KHG przesunięcie aktywności biologicznej w kierunku niższych kon-

centracji (3 i 10 mg) zależało od własności fizykochemicznych oraz składu i budowy chemicznej, czy też od różnic jakościowych składników mineralnych wchodzących w skład KHG.

Na marginesie należy podkreślić, że działanie stymulacyjne na rośliny obu badanych KH mogło być modyfikowane przez składniki mineralne. Jak wiadomo, metale tworząc związki zespolone (40, 41) z kwasami huminowymi mogą zmieniać ich własności fizyko-chemiczne, przez co może ulegać zmianie aktywność biologiczna tych kwasów.

W doświadczeniu z gryką stwierdzono, że na 30 mg dawki KH, gryka zareagowała pod koniec trzeciego tygodnia wegetacji ledwie dostrzegalnymi zmianami w rozwoju systemu korzeniowego. Wyraźniejsze różnice we wzroście systemu korzeniowego, a następnie części łodygowej roślin zaznaczały się dopiero od połowy 4 tygodnia wegetacji. Następnie obserwowano jak w miarę przedłużania okresu wegetacji różnice stawały się większe.

Wcześniejsze zakwitanie gryki pod wpływem KH, zanotowane przeze mnie, nie jest obserwacją odosobnioną. Zwrócenie uwagi na zmiany rozwojowe różnych roślin, a w tym gryki (przyspieszenie rozwoju i wcześniejsze zakwitanie) pod wpływem substancji humusowych zawdzięczamy przede wszystkim Niklewskiemu i Wojciechowskiemu (28, 29). Badacze ci, a także inni (4, 15, 16, 19, 20, 21) podają, że różne gatunki roślin w zależności od stadium rozwojowego wykazują różną wrażliwość na działanie substancji humusowych. Kosticka-Mądalska (23) obserwowała, w doświadczeniach polowych, przyspieszenie okresu zakwitania *Ricinus* pod wpływem substancji humusowych. Ostatnio Gumińska (14) wykazała, że różne preparaty substancji humusowych, ekstrahowanych z torfów wysokich, działają na goździki niejednakowo. Jedne preparaty stymulują według niej wzrost i kwitnienie, inne hamują. Szczególnie aktywne okazały się preparaty z powierzchniowych, silniej utlenionych warstw torfów wysokich.

Do badania aktywności biologicznej kwasów huminowych wybrano grykę ze względu na jej stosunkowo krótki okres wegetacji oraz bardzo silną reakcję na związki humusowe (29).

Stosując dawki 30 mg KHE (tab. 9) otrzymano zwyżkę s. m. plonu gryki o 127%. Taka sama dawka KHG podwyższała plon s.m. gryki o 76%. Jak widać, wpływ obu stosowanych KH na zwyżkę plonu gryki nie był tak wysoki, jak podają Niklewski i Wojciechowski (29), którzy otrzymali niemal 8-krotną zwyżkę plonu. Najprawdopodobniej należy to tłumaczyć różnymi warunkami doświadczeń, stosowaniem innych pożywek, a przede wszystkim różnymi koncentracjami odmiennych

co do pochodzenia kwasów huminowych. Niklewski i Wojciechowski (29) stosowali bowiem pożywkę Cronego i preparat humianu sodu z torfu niskiego w dawkach 110 mg na litr pożywki.

Z oceny wyników doświadczenia z sałatą (tab. 1 i 6), w których stwierdzono inną reakcję siewek sałaty na wzrastającą koncentrację różnych z pochodzenia kwasów huminowych, można wnosić, że stosowane 30 mg dawki tych kwasów nie były optymalne dla uzyskania maksymalnego plonu gryki. Należy jednak podkreślić, że wpływ 30 mg dawek KHE na zwiększenie plonu zarówno sałaty, jak i gryki był korzystniejszy od wpływu takich samych dawek KHG. Optymalne działanie KHG w przypadku sałaty zaznaczyło się przy niższych dawkach (3 i 10 mg).

Poczynione w niniejszej pracy obserwacje nad gryką dostarczają nowych faktów potwierdzających dawniejsze spostrzeżenia innych autorów (29).

Niejednakowe efekty stymulacji sałaty i gryki przez takie same koncentracje obu stosowanych KH, pochodzących z różnego materiału wyjściowego, tzn. z ekskrementów dżdżownic i z gleby, skłaniają do wysunięcia przypuszczenia, że adaptacja własności stymulacyjnych tych kwasów nastąpiła w procesach ich biogenezy. Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na niezbyt liczną populację badanych gatunków roślin nie można z całą pewnością twierdzić, że reakcja innych roślin na KH otrzymane z ekskrementów innych gatunków dżdżownic lub tego samego gatunku, ale bytujących w innych środowiskach glebowych, będzie identyczna. Dlatego wnioski wynikające z tej części doświadczeń mimo wszechstronnego opracowania statystycznego i wykazania istotnych różnic wymagają bardzo krytycznego i ostrożnego traktowania. Nie należy ich zatem przedwcześnie zbyt uogólniać.

Oba stosowane KH były preparowane w analogicznych warunkach tymi samymi metodami i przy stosowaniu łagodnie działających chemikaliów. W ten sposób starano się wykluczyć wpływ jakichkolwiek czynników, które mogłyby spowodować tworzenie się artefaktów. Istnieją bowiem dane w piśmiennictwie, że podwyższone temperatury (33, 48, 49) oraz zbyt stężone, energicznie działające roztwory kwasów i zasad (22, 31, 35, 36, 39, 42, 46, 50) mogą spowodować częściową denaturację i tworzenie się artefaktów kwasów humusowych. Ponadto niektórzy badacze podają, że aktywność biologiczna preparatów humusowych zależy od stopnia czystości (16) i rodzaju substancji humusowych (1, 2, 3, 33, 47).

Z przytoczonych wyników własnych badań oraz z doświadczeń innych autorów widać, że reakcja roślin na działanie substancji humu-

sowych zależy od wielu czynników, częstokroć nie dających się kontrolować. Stąd rezultaty badań różnych autorów mogą być czasem zbieżne, czasem nie dające się porównać, tym bardziej że związki humusowe wykazują niesłychaną labilność, zarówno w czasie preparowania, jak i w doświadczeniach biologicznych.

Warto nadmienić, że w różnych stadiach rozwojowych reakcja roślin na różne z pochodzenia substancje humusowe może być różna (1, 2, 3, 14, 15, 16, 27, 28, 29). Na przykład *Christie* (4) przypuszcza, że KH działają szczególnie aktywnie we wczesnych stadiach rozwojowych roślin. Wyniki otrzymane w niniejszej pracy pogląd ten w pełni potwierdzają.

Ze względu na własności oksydacyjno-redukcyjne polifenoli wchodzących w skład kwasów huminowych mogą one aktywować procesy enzymatyczne i ogólne procesy życiowe roślin. W efekcie przyspiesza się podział komórek, system korzeniowy rozwija się bujniej i przybywa s. m. rośliny (4, 20, 21, 27, 28, 29, 43, 44, 51).

Pogląd, że związki humusowe spełniają rolę układów oksydacyjno-redukcyjnych, nie budzi zastrzeżeń i jest podzielany przez wielu autorów (4, 7, 15, 16, 20, 21, 51). Jednakże mechanizm działania tych układów w powiązaniu z innymi procesami fizjologicznymi roślin jest dotychczas bardzo mało zbadany i opiera się na hipotetycznych schematach.

Z wcześniejszych danych literatury wiadomo, że kwasy humusowe przenikają do komórek roślinnych (4, 30). Najbardziej ważkim argumentem, popierającym ten punkt widzenia, są nowsze badania izotopowe wykonane przez *Prata* i współprac. (34, 35), w których stwierdzono przenikanie C^{14} z kwasów huminowych i fulw kwasów poprzez komórki korzeni do tkanek roślinnych, a także przemieszczanie się w liściach. Dlatego przypuszczam, że KH mogą być rezerwuarem, zasilającym układy enzymatyczne w związki typu fenoli lub chinonów. Przypuszczalnie mogą one spełniać rolę przekaźników elektronów między dehydrogenazami typu NAD lub NADP a kompleksem enzymów — fenolaz.

Wyższy stopień utlenienia KHE stanowi moim zdaniem potencjalnie korzystniejszy substrat, którego funkcja jako akceptora wodoru mogła być spełniana aktywniej. Ten punkt widzenia na działanie KH tłumaczy tylko częściowo, jak się wydaje, przyczynę wyższej aktywności KHE od KHG. Badania niektórych autorów (34, 36), a przede wszystkim *Paszewskiego* i współprac. (33) wykazały bowiem, że wpływ substancji humusowych na rośliny należy tłumaczyć między innymi jako stymulację typu auksynowego.

O ile więc udział niektórych komponentów KH, przynajmniej w pew-

nych układach enzymatycznych procesu oddychania roślin, nie budzi wątpliwości, to kwestia znaczenia kompleksu elementów strukturalnych KH w procesach biologicznego utleniania, a przede wszystkim ich wpływu na fizjologiczną funkcję plazmy oraz procesy wzrostu i rozwoju roślin, pozostaje nadal otwarta.

Pożądaną są zatem badania stosujące technikę izotopową i mikroskop elektronowy, one bowiem ułatwiłyby znalezienie brakujących ogniw koniecznych do powiązania fragmentów naszej wiedzy o roli substancji humusowych w różnych procesach fizjologicznych roślin.

WNIOSKI

1. Preparaty kwasów huminowych KHE i KHG wykazywały stymulację wzrostu i rozwoju roślin.
2. Na podstawie szczegółowej analizy statystycznej wartości s. m. plonu siewek sałaty stwierdzono, że:
 - a. Reakcja siewek sałaty odmiany majowej na działanie kwasów huminowych zależała od koncentracji tych kwasów w pożywce. KHE wykazywał aktywniejsze działanie przy wyższych stężeniach (30 mg/l), natomiast KHG przy niższych (3 mg i 10 mg/l).
 - b. Dawki 90 mg/l obu badanych KH wykazały tendencję hamowania wzrostu siewek sałaty.
 - c. Spośród stosowanych dawek składników popielnych ze spopielenych kwasów huminowych (SPKH) tylko dawki SPKHG 90 wpływały na zwiększenie s. m. plonu całych siewek sałaty. Inne dawki składników popielnych (SPKHE 3, 10, 30 i 90 oraz SPKHG 3, 10 i 30), w żadnym z możliwych przypadków porównywania ich między sobą nie wykazywały wpływu na zwiększenie plonu sałaty. Fakt ten pozwala wnioskować, że składniki mineralne zawarte w SPKHG różniły się od składników mineralnych SPKHE i że skład soli mineralnych pożywki nie był optymalny dla wzrostu sałaty.
 - d. Rola komponentów mineralnych kompleksów organo-mineralnych humusu w regulacji aktywności biologicznej kwasów huminowych, stanowiących zasadniczą część tych kompleksów jest dyskusyjna.
3. Stwierdzono znaczniejszy wpływ KHE niż KHG na zwiększenie s. m. plonu sałaty i gryki zwyczajnej oraz przyspieszenie wzrostu wydłużeniowego i przyspieszenie rozwoju (wcześniejsze zakwitanie) gryki, intensywniejsze pobieranie i transpirowanie wody, a także wzrost odporności na wędnięcie.
4. Działanie KHE na siewki sałaty i gryki było korzystniejsze od działania takich samych stężeń KHG. Świadczą o tym wysokie wartości s. m. plonu (tab. 1 i 9).

5. Aktywność biologiczna stosowanych preparatów KH zależała od materiału wyjściowego i była uwarunkowana procesami ich biogenezy.

6. W naturalnych siedliskach opanowanych przez dżdżownice, dzięki ich działalności życiowej następuje zmiana składu chemicznego i własności fizyko-chemicznych substancji humusowych gleby.

Dżdżownice mogą oddziaływać na rośliny pośrednio, drogą chemiczną, między innymi poprzez zmianę aktywności biologicznej substancji humusowych.

7. Z wyższą aktywnością biologiczną KHE od KHG kojarzy się wyższy poziom C i N oraz silniejsza zdolność absorpcji światła (13). Stopień utlenienia KHE jest przypuszczalnie wyższy niż KHG.

P I Ś M I E N N I C T W O

1. Biber W. A., Bogolubow N. S.: O biologiczeskoj aktiwnosti poczwiennoj i torfianoj guminowych kisłot. Dokł. Akad. Nauk SSSR, 76, 2, 1951.
2. Biber W. A., Magazynier K. M.: O wlijanii guminowych kisłot i fulwokisłot na dychanie izolirowannych rastitelnych tkaniej. Dokł. Akad. Nauk SSSR, 76, 4, 1951.
3. Biber W. A.: Wlijanie okislenija na biologiczeskuju aktiwnost' guminowoj kisłoty. Dokł. Akad. Nauk SSSR, 83, 1, 1952.
4. Christiewa L. A.: Uczastie guminowych kisłot i drugih organiczeskich wieszczestw w pitanii wyszczich rastienij i agronomiczeskoje znaczenie etogo wida pitanija. Izwiestia Akad. Nauk SSSR, 4, 1955.
5. Darwin C.: The Formation of Vegetable Mould, through the Action of Worms, with Observations on Their Habits. John Murray, London 1881.
6. Fisher R. A., Yates F.: Statistical Tables. Olives and Bayl, London 1957.
7. Flaig W.: Die Chemie organischer Stoffe in Boden und deren physiologische Wirkung. Kommis. Internat. Bodenkundl. Ges., Verhandl. 2, Hamburg 1958.
8. Franz H., Leitenberger L.: Biologisch-Chemische Untersuchungen über Humusbildung durch Bodentiere. Österr. Zool. Z., 1, 5, 1948.
9. Franz H.: Sur l'importance de l'équilibre des biocénoses terricoles pour la fertilité des sols. Cinquième Congrès International de la Science du Sol, V, III, Leopoldville 1954.
10. Franz H.: Die Bedeutung der Kleintiere für die Humusbildung. Ztschr. f. Pfl.-ern. Düng. Bodenk., 69, 1/3, 1955.
11. Franz H.: Aufgaben der Bodenzoologie im Rahmen der Bodenwissenschaften und Voraussetzungen für ihre Erfüllung. VI^e Congr. Internat. Sc. Sol, C, III-14, Paris 1956.
12. Gawroński E.: Rozpuszczalne frakcje humusu ekskrementów dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav., Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, vol. XV (1960), 12, Lublin 1961.
13. Gawroński E.: Własności optyczne frakcji humusu z ekskrementów dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio C, vol. XVII (1963), 9, Lublin 1963.
14. Gumińska Z.: Zarys historii badań nad fizjologiczną aktywnością próchnicy glebowej. Post. Nauk Roln., nr 5, 1959.

15. Gumiński S.: Badania nad warunkami i mechanizmem działania związków próchnicznych na organizm rośliny. *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. XX, 1, 1950.
16. Gumiński S., Gumińska Z.: Chemiczne podstawy podobnego działania fizjologicznego próchnicy oraz wyciągów wodnych z liści niektórych gatunków roślin. *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. XXII, 4, 1953.
17. Kollmannsperger F.: Über die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens. *Decheniana*, 105/106, 1952.
18. Kollmannsperger F.: Lumbriciden in humiden ariden Gebieten und ihre Bedeutung für die Fruchtbarkeit den Bodens. VI^e Congr. Internat. Sc. Sol, C. III-49, Paris 1956.
19. Kononowa M. M., Pankowa N. A.: Wozdiejstwie gumusowych wieszczestw na rost i razwitije rastienij. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, 73, 5, 1950.
20. Kononowa M.: Zagadnienie próchnicy glebowej. PWRiL, Warszawa 1955.
21. Kononowa M. M.: Peregnoj poczwy i jej płodorodie. *Priroda*, 12, 1955.
22. Kosaka J., Honda Ch.: Fractionation of Humus by Sulfacetolysis. *Soil and Plant Food*, 1, 1955.
23. Kostecka-Mądalska O.: Próby skrócenia okresu wegetacji u *Ricinus communis* L. *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. XXIII, 2, 1954.
24. Kubienna W.: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre; Entwicklung und Systematik der Rendsinen. *Bodenkunde u. Pflanzenernährung*, 29, 1943.
25. Kubienna W. L.: Animal Activity in Soils Fauna as a Decisive Factor in Establishment of Humus Forms. *Soil Zoology, Proc. Nottingham Sch. Agric. Sci.*, 1955.
26. Müller P. E.: Studien über die Natürlichen Humusformen. Berlin 1887.
27. Niklewski B., Wojciechowski J.: Über den Einfluss Wasserlöslichen Humusstoffe auf die Entwicklung einiger Kulturpflanzen. *Bodenkunde u. Pflanzenernährung*, 4 (49), 1937.
28. Niklewski B., Wojciechowski J.: Wpływ związków próchnicznych na rozwój roślin. *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. XV, 2, 1938.
29. Niklewski B., Wojciechowski J.: Wpływ kwasów próchnicznych na rozwój roślin. *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. XVIII, 1, 1947.
30. Niklewski B., Wolnicka J.: On the Morphological Phenomena of Roots Chemotropically Excited. *Bullet. Intern. Academie Polonaise des Sciences et d. Lettres, Série B, I*, 1937.
31. Odén S.: Die Huminsäuren. Dresden u. Leipzig 1922.
32. Okuda A., Hori S.: Identification of Aminoacids in Humic Acid, *Soil and Plant Food*, 1, 1, 1955.
33. Paszewski A., Trojanowski J., Łobarzewska A.: Wpływ frakcji humusowych na wzrost koleoptile owsa. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, vol. XII (1957), 1, Lublin 1958.
34. Prát S., Catsky J., Melichar O.: Vliv humusovych látek (oxyhumolitu) na rostliny. *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. XXVI, 2, 1957.
35. Prát S.: Distribution of the Humus Substance Fractions in Plants. *Biol. Plant.*, vol. II, 4, 1960.
36. Řeřábek J.: Humic Acid Interaction in the Growth Process. *Biol. Plant.*, vol. II, 2, 1960.
37. Scheele W.: Beiträge zur Charakterisierung natürlicher Humusstoffe. *Kolloid-Beih.*, 46, 1937.

38. Scheffer F., Welte E.: Über Absorbtionspektrographische Untersuchungen an natürlichen Huminsäuren. Landw. Forsch., 1, 1950.
39. Scheffer F., Welte E.: Probleme der Humusforschung. Naturwissenschaft, 37, 1950.
40. Scheffer F., Ulrich B., Histermann P.: Die Bedeutung der Chelatierung in der Agrikulturchemie und Bodenkunde. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 76, 1957.
41. Scheffer F., Ulrich B.: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. III Teil. Humus und Humusdüngung. Band I. Morphologie, Biologie, Chemie und Dynamic des Humus. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1960.
42. Simon K.: Über die Herstellung von Humusextrakten mit neutralen Mitteln. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 14, 4/5, 1929.
43. Śmidowá M.: O wpływie humianu na oddychanie pszenicy. Acta Agrobot., vol. IX, 1, 1960.
44. Śmidowá M.: The Influence of Humus Acid on the Respiration of Plant Roots. Biol. Plant., vol. II, 2, 1960.
45. Spannagel G.: Modellversuch mit Regenwürmern zur Frage der Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeitssteigerung. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 64, 3, 1954.
46. Springer U.: Der Heutige Stand der Humusuntersuchungsmethodik. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 6 (51), 5/6, 1958.
47. Trojanowski J.: Wstępne badania nad aktywnością biologiczną niektórych frakcji humusu. Acta Soc. Bot. Pol., vol. XXIII, 1, 1954.
48. Waksman S. A.: Humus. London 1936.
49. Welte E.: Über die Entstehung von Huminsäuren und Wege ihrer Reinstellung. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 56 (101), 1/3, 1952.
50. Welte E.: Über Humuskolorimetrie. Vortrag auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. Bonn 1953.
51. Wojciechowski J.: Porównawcze badania nad wpływem żelaza i związków próchnicznych na rośliny. Rozprawy Pol. Akad. Um. Wydz. Mat. Przyr., t. 73, dz. B, 2, Kraków 1948.
52. Zrażewskij A. J.: Dożdiwyje czerwi i wzaimoswjaz' dreviesnych i kustarnikowych porod. Priroda, 3, 1958.

РЕЗЮМЕ

Проведены исследования биологической активности препаратов гуминовых кислот из экскрементов дождевых червей (ГКЭ) *Allolobophora caliginosa* Sav. и из почвы (ГКП), в которой обитали эти черви. На основании проведенных исследований автор приходит к следующим заключениям:

1. Препараты гуминовых кислот стимулировали рост и развитие растений.

2. На основании тщательного статистического анализа урожая сухого вещества семян салата установлено:

а) Реакция сеянцев салата майской разновидности на действие гуминовых кислот зависит от концентрации этих кислот в питательной смеси. ГКЭ более активны при более высоких концентрациях (30 мг/л), ГКП — при более низких (3 и 10 мг/л).

б) Доза 90 мг/л обеих препаратов гуминовых кислот обнаруживала тенденцию к торможению роста сеянцев салата.

в) Среди применяемых доз зольных элементов из озоленных гуминовых кислот (ОГК), только лишь доза 90 мг/л ОГК почвы вызывала повышение содержания сухого вещества целых сеянцев салата. Другие дозы зольных элементов (ОГК экскрементов 3, 10, 30 и 90, а также ОГК почвы, 3, 10 и 30) ни в каком варианте не повышали урожая салата. Этот факт позволяет заключить, что минеральные элементы, содержащиеся в ОГК почвы отличаются от минеральных компонентов ОГК экскрементов и о том, что состав минеральных солей питательной среды не был оптимален для роста салата.

г) Роль минеральных компонентов органо-минеральных комплексов гумуса в регулировании биологической активности гуминовых кислот — основных компонентов — этих кислот дискуссионная.

3. Установлено большее влияние ГК экскрементов по сравнению с ГК почвы на увеличение содержания сухого вещества в урожае салата, гречихи, а также ускорение роста и развития (цветения) гречихи, более интенсивное поглощение воды и транспирацию, а также рост устойчивости на завядание.

4. Действие ГКЭ на сеянцы салата и гречихи было более благоприятное чем действие таких же самых концентраций ГКП. Об этом свидетельствуют результаты определений сухого вещества (табл. I и 9).

5. Биологическая активность применяемых препаратов ГК зависела от исходного материала и была обусловлена процессами их биогенезиса.

6. В естественных местообитаниях дождевых червей благодаря их жизнедеятельности происходит изменение химического состава и физико-химических свойств гумусовых веществ почвы.

Дождевые черви могут оказывать косвенное, химическое действие на растения посредством изменения биологической активности гумусовых веществ.

7. Более высокой биологической активности ГКЭ по сравнению с ГКП сопутствует более высокое содержание С и N а также более интенсивная абсорбция света (13). Степень окисления ГКЭ вероятно выше по сравнению с ГКП.

SUMMARY

Investigations were carried out on the biological activity of the preparations of humic acids obtained from excrements of *Allolobophora caliginosa* Sav. and from the soil in which the worms lived. The results of these investigations made it possible for the author to draw the following conclusions.

1. Preparations of humic acids stimulated the growth and development of plants.

2. A detailed statistical analysis of the dry weight values of the seedlings of *Lactuca sativa* L. made the author form the following statements:

a. The response of the examined seedlings to humic acids depended on their concentration in the nutrient medium. KHE* proved more active at higher concentrations (30 mg./l.) while KHG** at lower (3 and 10 mg./l.).

b. At a concentration of 90 mg./l. humic acids, obtained from excrements and soil, inhibited the growth of seedlings.

c. As to ash components of burned humic acids only concentrations of 90 mg./l. increased the dry weight of the crops of whole seedlings. Other concentrations of ash components had no effect on the increase of lettuce crops. This fact made the author assume that mineral components in SPKHG*** possibly affected the composition of the nutrient medium giving, as a result, better growth of *Lactuca sativa* L.

d. The role of mineral components of complex compounds of humus as an agent controlling biological activity of humic acids is still open to discussion.

3. It was found out that KHE had a greater effect on the increase of dry weight of cropped lettuce and buckwheat than KHG. Similarly KHE accelerated the elongation growth and early blooming of buckwheat, caused more intensive uptake of water and transpiration, and better resistance to the fading process.

4. The activity of KHE on seedlings of lettuce and buckwheat was more favourable than that of KHG if their concentrations were identical. This is evidenced in higher values of the dry weight of crops.

5. Biological activity of humic acids preparations depended on the material from which humic acids were obtained, and on the process of their biogenesis.

* KHE = humic acid obtained from excrements of earthworms.

** KHG = humic acid obtained from the soil in which earthworms lived.

*** SPKHG = ash components of humic acids obtained from the soil.

6. As a result of the activity of *Allolobophora caliginosa* Sav. in their natural habitats the chemical composition of the soil and physico-chemical soil humic substances undergo changes. *Allolobophora caliginosa* Sav. can affect plants in various indirect chemical ways one of which is the change of biological activity of humic substances.

7. A higher biological activity of KHE from that of KHG is accompanied by a higher level of C and N, and a higher ability to absorb light (13). A degree of oxidation of KHE is supposedly higher than that of KHG.

