

WPLYW NAWOŻENIA OBORNIKIEM I ODPADAMI ORGANICZNYMI STOSOWANYMI
W MONOKULTURZE ŻYTA NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W GLEBIE

Ignacy Dechnik, Bożena Chmielewska

Katedra Chemii Rolnej AR w Lublinie

W środowisku glebowym tworzą się z różnymi podstawnikami przy pierścieniu drobnocząsteczkowe związki o charakterze fenoli. Najczęściej spotyka się w glebach fenylkwasy powstałe z biologicznej degradacji lignin oraz z przemian innych fenoli pochodzących z roślin wyższych. Są to kwasy: p-kumarowy, ferulowy, protokatechowy, wanilinowy, syryngowy, p-hydroksybenzoesowy, a także aldehyd p-hydroksybenzoesowy, wanilina i inne [3, 7, 10, 16, 18]. W ekosystemach leśnych łączne stężenia podanych wyżej związków w wierzchniej warstwie gleb wynosiły od 3 do 7 kg na 1 ha, tj. od 1 do 2,3 ppm [7]. Znacznie więcej fenylkwasów, zwłaszcza p-kumarowego (14,4 ppm) zawierała gleba spod upraw zbożowych, przy wielokrotnym pozostawianiu słomy na poletkach [5], natomiast z oznaczeń ogólnej zawartości związków fenolowych w glebie spod 12-letnich monokultur (4 zboża, ziemniak, burak cukrowy, kukurydza, bobik i len) wynikało, że największe ich ilości nie przekroczyły 1,5 ppm [6].

Akumulacja substancji fenolowych w glebach uprawnych nie jest pożądana. Mimo braku wyjaśnienia mechanizmu ich działania na rośliny stwierdzono bezpośredni szkodliwy wpływ na kiełkowanie nasion i na wzrost systemu korzeniowego - co przyczynia się do obniżenia plonów [4, 6, 11, 12, 14].

O poziomie koncentracji związków fenolowych w glebach decyduje wiele czynników takich, jak: tempo ich uwalniania z resztek poźniwnych, szybkość włączania do metabolizmu roślinnego, wiązania przez substancje humusowe i minerały ilaste oraz skład granulometryczny gleby i wielkość opadów atmosferycznych [1, 6, 9, 10, 14]. Istotne znaczenie może mieć także nawożenie gleb konwencjonalnymi i niekonwencjonalnymi nawozami organicznymi. W związku z tym, celem tych badań było określenie zawartości związków fenolowych w glebie w zależności od zastosowanego w doświadcze-

niu połowym wysokiego nawożenia obornikiem i odpadami organicznymi pod monokulturę żyta ozimego.

METODYKA BADAŃ

W badaniach tych wykorzystano próbki glebowe pobrane w doświadczeniu połowym prowadzonym w Sobieszynie przez Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie. W jego schema-

T a b e l a 1

Podstawowa charakterystyka nawozów organicznych [17]

Nawóz	% s.m.	C ogólny		N ogólny % s.m.	C : N
		% s.m.	t/ha		
Obornik	27	32,63	5,3	2,34	14:1
Granulat keratyno-koro- -mocznikowy	86	27,00	4,3	26,90	1:1
Osad ścieków komunalnych	46	15,50	0,9	1,27	12:1

cie uwzględniono trzy kombinacje nawozowe:

- 1 - obornik mieszany z przewagą bydlęcego - w dawce 60 t/ha,
- 2 - granulat keratyno-koro-mocznikowy - wyprodukowany według patentu P 217128 [19] - w dawce 4 t/ha,
- 3 - przefermentowany osad ze ścieków komunalnych Lublina - 60 t/ha.

Podstawową charakterystykę nawozów zawarto w tabeli 1.

Stosowano trzy sposoby nawożenia:

- I - pełna dawka zastosowana jednorazowo w roku założenia doświadczenia 1981;
- II - dawki dzielone po 1/2 wyjściowej - przez pierwsze dwa lata;
- III - dawki dzielone po 1/3 wyjściowej, stosowane w okresie trzech lat (do roku 1984).

Przed założeniem doświadczenia wprowadzono do gleby dawkę nawozów mineralnych $N_{35}P_{40}K_{35}$ kg/ha.

Po trzech latach monokulturowej uprawy żyta ozimego pobrano próbki gleby ze wszystkich kombinacji nawozowych, wykonanych w czterech powtórzeniach, z warstw 0-20, 20-40, 40-60 cm. Ekstrakcję związków fenolowych w próbkach glebowych przeprowadzono układem: alkohol etylowy, woda, kwas octowy (70:28:2), w sposób opisany przez Hruszkę [6]. Ich ogólną zawartość w glebie oznaczono kolorymetrycznie - stosując odczynnik Folina-Denisa [13]. Jako wzorzec zastosowano hydrochinon. Wyniki badań oceniono statystycznie.

CHARAKTERYSTYKA GLEBY I OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

Gleba obiektu doświadczalnego zaliczona jest do brunatnej, wytworzonej z gliny ciężkiej, podścielonej piaskiem na głębokości 0,7 m.

W 1981 r. odnotowano najwyższy sumaryczny opad roczny - 667 mm, najniższy w 1982 r. - 426 mm. W latach 1983-1984 sumy opadów rocznych były podobne - 588 i 578 mm. Wielkość opadów atmosferycznych, z wyjątkiem roku 1982 przekroczyła średnią wieloletnią - wynoszącą 525 mm.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Nawozy organiczne zastosowane w doświadczeniu polowym pod żyto uprawiane w monokulturze istotnie różnicowały ogólną zawartość związków fenolowych w glebie

T a b e l a 2

Wpływ nawozów organicznych na ogólną zawartość związków fenolowych w glebie ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Nawóz (A)	Sposób nawożenia (B)	Głębokość - (C)			
		0-20	20-40	40-60	średnie
Obornik	I	4,63	2,23	3,82	3,56
	II	4,35	3,94	3,05	3,78
	III	3,25	4,63	4,40	4,09
	\bar{x}	4,08	3,60	3,75	3,81
Granulat keratyno-koro- -mocznikowy	I	5,86	5,29	3,95	5,03
	II	5,88	3,17	2,64	3,89
	III	6,29	2,68	3,35	4,11
	\bar{x}	6,01	3,71	3,31	4,34
Osad ścieków komunalnych	I	5,94	4,99	4,37	5,10
	II	6,12	4,22	6,27	5,54
	III	4,00	2,07	4,24	3,43
	\bar{x}	5,35	3,76	4,96	4,69
Średnie	I	5,48	4,17	4,05	4,56
	II	5,45	3,78	3,98	4,40
	III	4,51	3,12	4,00	3,88
	\bar{x}	5,15	3,69	4,01	-

NIR ($p=0,01$) A, B, C = 0,13

A x B, A x C, B x C = 0,30

A x B x C = 0,59

(tab. 2). Największy wzrost poziomu koncentracji fenoli uzyskano w wyniku nawożenia gleby przefermentowanym osadem ze ścieków komunalnych (średnio $4,69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), najniższy w kombinacji nawożonej obornikiem (średnio $3,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Działanie nawozów w znacznym stopniu zależało od sposobu ich wniesienia do gleby. Dzielenie dawek pełnych ograniczało kumulację badanych związków w środowisku glebowym. Najkorzystniejsze w tym zakresie wyniki otrzymano w obiektach dawek dzielonych po 1/3 rocznie (średnio $3,88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), natomiast przemiany nawozów zastosowanych w jednorazowej dawce przyczyniały się do największego wzrostu stężeń związków fenolowych w glebie - przeciętnie o $0,68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (różnica z zawartości największej i najmniejszej dla sposobu nawożenia). Szczególnie wysokie ich ilości wystąpiły w warstwie orno-próchnicznej (średnio $5,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), znacznie niższe w pozostałych: 20-40 i 40-60 cm. Migracja związków fenolowych w profilu gleby była znaczna, ponieważ w warstwie przejściowej uzyskano istotne obniżenie ich ilości w stosunku do warstw bezpośrednio pod nią zalegających (średnio $3,69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Rozpatrując rodzaj stosowanych nawozów, podział ich dawek oraz poziom koncentracji fenoli w badanych warstwach gleby należy stwierdzić, że interakcja tych czynników we wszystkich rozpatrywanych przypadkach była istotna.

Z przeciętnych danych interakcyjnych nawóz x sposób nawożenia dla kombinacji z obornikiem wynika, że na zmniejszenie koncentracji fenoli najkorzystniej wpłynęła pełna dawka zastosowana w pierwszym roku prowadzonego doświadczenia, natomiast najbezpieczniejszym sposobem stosowania granulatu keratyno-koro-mocznikowego oraz osadu ze ścieków komunalnych były dawki dzielone w okresie trzech lat.

Wpływ rodzaju nawozu na rozmieszczenie związków fenolowych w pionowym przekroju gleby był niejednakowy. Na poletkach nawożonych obornikiem zmniejszające się ich ilości w warstwach poniżej 20 cm nie różniły się istotnie. W przypadku zastosowania pozostałych dwu odpadów organicznych były one wyraźnie różne. Przy zastosowaniu granulatu keratyno-koro-mocznikowego zawartość fenoli malała w warstwach 20-40 i 40-60 cm. Odwrotnie po zastosowaniu osadu ścieków komunalnych - najpierw uzyskano spadek, warstwa 20-40 cm, a następnie wzrost ich koncentracji na głębokości do 60 cm.

Uwzględniając współdziałanie sposobu nawożenia i głębokości stwierdzono, że jednorazowe zastosowanie pełnej dawki nawozów powoduje największy wzrost ilości związków fenoli we wszystkich warstwach gleby. Tym niemniej, pełne dawki, jak i podzielone po 1/2 nie prowadziły do zróżnicowania ich stężeń w warstwach podornych. Jedynie nawożenie dzielnymi dawkami po 1/3 wyjściowej przez okres trzech lat nie tylko najbardziej zmniejszało ogólną zawartość fenoli w badanych warstwach, ale i istotnie różnicowało nagromadzenie tych związków w obu głębszych warstwach.

Ogólnie należy stwierdzić, że najistotniejsze zmiany w koncentracji fenoli w glebie wystąpiły pod wpływem interakcyjnego współdziałania wszystkich rozpatrywanych czynników. Były one największe w warstwie przejściowej, zarówno w przypadku zastosowania jednorazowo pełnej dawki obornika, jak i dzielonej po 1/3 dawki

pozostałych nawozów. Tylko te wartości wysoce przekroczyły najniższą udowodnioną różnicę (NIR = 0,59 mg·kg⁻¹ gleby).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Substancja organiczna zawarta w osadach ściekowych, analogicznie jak w oborniku, w czasie składowania podlega przemianom, głównie do produktów pełnej mineralizacji [2]. Dalsze przekształcenie nie zmineralizowanej jej części zachodzi jednak w środowiskach glebowych pod wpływem określonych, ale innych niż bytujące w tych nawozach, grup mikroorganizmów.

Przy zastosowaniu w nawożeniu roślin granulatu keratyno-koro-mocznikowego tworzenie się prostych i złożonych związków, w tym i o charakterze aromatycznym, może zachodzić w wyniku biologicznej degradacji keratyny i ligniny tylko w glebie.

Z przeprowadzonych badań wynika, że poziom koncentracji niskomolekularnych związków fenolowych, zwłaszcza w warstwie ornej był znacznie wyższy po zastosowaniu granulatu keratyno-koro-mocznikowego oraz osadu ścieku komunalnego niż po zastosowaniu obornika. Uzyskane dane mogą sugerować, że albo fenylokwasy podczas fermentacji obornika tworzyły się i jednocześnie podlegały przeobrażeniom w inne związki organiczne, albo w procesie humifikacji były szybciej włączane do frakcji humusowej gleby, inaczej niż to mogło mieć miejsce w przypadku dwu pozostałych nawozów.

W naturalnych warunkach glebowych wolne fenylokwasy mogą tworzyć, i jak się sądzi dość szybko, związki kompleksowe z frakcjami próchnicznymi, a najczęściej z kwasami huminowymi gleb [1]. Obecność i ilość substancji fenolowych, jako trwałego elementu budowy różnego pochodzenia kwasów huminowych, została stwierdzona stosunkowo niedawno [15]. Najwięcej zawierały je przede wszystkim kwasy „młode” - nisko zhumifikowane.

Do nagromadzenia się związków fenolowych w glebie mogło przyczynić się nie tylko zastosowane w doświadczeniu nawożenie, ale i pozostające po sprzęcie żyta resztki poźniwne. Z badań przeprowadzonych przez Hruszkę [6] wynikało, że warstwa orna spod monokultury żyta zawierała ich nie więcej niż 1,212 ppm, Stężenie to było znacznie niższe aniżeli w badanej przez nas glebie, na której przez 3 lata uprawiano żyto ozime. Głównym źródłem związków fenolowych były zatem stosowane w doświadczeniu nawozy organiczne. Dla poparcia tego stwierdzenia można przytoczyć wyniki badań informujące o wysokiej zawartości fenylokwasów w glebach niektórych stanów USA, do której przyczyniło się wieloletnie przeorywanie słomy [5].

Wbrew ogólnie lansowanym opiniom [8] stosowania różnego pochodzenia prefermentowanych osadów ściekowych oraz innych odpadów organicznych w rolnictwie nie

można traktować na równi z nawożeniem obornikowym. Mimo wykazania ich wpływu na poprawę własności fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb oraz plonowanie roślin, problemem otwartym pozostaje określenie oddziaływania tych środków na kumulację w środowiskach glebowych chociażby substancji fitotoksycznych, do których zalicza się niektóre fenylkwas [14]. Poziom stężeń fenoli wzrastał bowiem najbardziej po zastosowaniu pod żyto osadu ze ścieku komunalnego, głównie przy zalecanych dawkach 60 t/ha - raz na 3-4 lata. Do czynników limitujących koncentrację związków fenolowych w glebie można jednak zaliczyć stosowanie tego nawozu oraz granulatu keratyno-koro-mocznikowego - częściej, ale w zmniejszonych dawkach.

Wysoka zawartość fenoli w warstwie 0-20 cm gleby wytworzonej z gliny ciężkiej, przy opadach atmosferycznych przeważnie przekraczających średnią wieloletnią nie budzi zastrzeżeń. Stwierdzono bowiem, że związki te gromdzą się w większej ilości w glebach ciężkich, wilgotnych, gorzej przewietrzanych aniżeli w lżejszych [6].

W przeprowadzonych przez nas badaniach na uwagę zasługuje szybka migracja związków fenolowych do głębokości 60 cm, i to w dość wysokich stężeniach.

WNIOSKI

1. Zastosowane w nawożeniu monokultury żyta nawozy organiczne przyczyniły się do wzrostu ogólnej zawartości związków fenolowych w glebie w następującej kolejności: obornik < granulatu keratyno-koro-mocznikowy < osad ścieku komunalnego.
2. Podział wyjściowych dawek nawozów stosowanych w okresie dwu lub trzech lat ograniczał kumulację fenoli w podłożu. Stwierdzenie to nie dotyczyło nawożenia gleby obornikiem.
3. W pionowym przekroju gleby (do głębokości 60 cm) koncentracja związków fenolowych podlegała znacznym wahaniom, przy czym przeciętnie było ich najwięcej w warstwie 0-20 cm, a najmniej w warstwie 20-40 cm.
4. W zależności od rodzaju nawozu zawartość fenoli na głębokości 40-60 cm, w odniesieniu do ilości w warstwie 20-40 cm, nie różniła się (obornik), malała (granulatu keratyno-koro-mocznikowy) lub rosła (osad ścieku komunalnego).
5. Podział dawek wyjściowych stosowanych w okresie trzech lat najbardziej obniżył poziom fenoli we wszystkich badanych warstwach gleby.

LITERATURA

1. Batistic L., Mayaudon J.: Ann. Inst. Pasteur, 1970, 118.
2. Filipek T.: Ann. UMCS, 1982, Sect., E, 37, 14.
3. Flaig W.: Soil Sci. 1971, 111.
4. Guenzi W. D., McCalla T. M.: Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1962, 26, 5.
5. Guenzi W. D., McCalla T. M.: Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1966, 30.

6. Hruszka M.: Acta Univ. Agric. Sbornik, Vysoke Skoly Zemedelska, Brno, 1982. rada A, 30, 4.
7. Kunze Ch.: Plant a. Soil, 1969, 31.
8. Kutera J.: Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. PWRiL, Warszawa 1978.
9. Leonowicz A., Wójtowicz B., Trojanowski J.: J. Soil Sci., 1968, 1.
10. Myśków W.: Pam. Puł., 1963, 11.
11. McCalla T. M., Haskins F. A.: Bacteriol. Rev., 1964, 28.
12. Norstadt F. A., McCalla T. M.: Soil Sci., 1971, 111. 4.
13. Swajn P. H., Hilles W. H.: J. Sci. Food Agric., 1959, 10.
14. Toussoun T. A., Weinhold A. R., Linderman R. G., Patric Z. A.: Phytopathology.
15. Tsutsuki K., Kuwatsuka S.: Soil Sci. Plant Nutr., 1979, 25, 1.
16. Whitehead D. C.: Nature. 1964, 202.
17. Wiater J.: Rozprawa doktorska, AR Lublin 1985.
18. Widehein W., Henske G.: Zeitschr. Chem., 1965, 5.
19. Wolski T., Dechnik I., Gliński J.: Nawozy organiczno mineralne i sposób otrzymywania nawozów organo-mineralnych. Patent PRL 217128, 1979.

И. Дехник, Б. Хмелевска

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ НАВОЗОМ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ, ПРИМЕНЯЕМЫМИ
В МОНОКУЛЬТУРЕ РЖИ, НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВЕ

Р е з ю м е

Исследования касались влияния органических удобрений на общее содержание феноловых соединений в образцах почвы, взятых из-под монокультуры ржи до глубины 60 см. Их высокие дозы, введенные в почву в год заложения полевого опыта (1981), привели к увеличению концентрации фенолов в очередности: навоз < кератино-коро-карбамидный гранулят < осадок из коммунальных сточных вод.

Значительно меньше фенолов накопилось в почвенной среде, главным образом, по применению 2 последних удобрений, в дозах, делимых по 1/3 полной в течение 3 лет. Концентрации феноловых соединений достигли своего максимума в пахотном слое почвы, минимума - в слое 20-40 см. Наиболее интенсивно перемещались до глубины 40-60 см фенолы, возникшие в почве из изменений осадка коммунальных сточных вод, слабее же всего - из кератино-коро-карбамидного гранулята.

I. Dechnik, B. Chmielewska

EFFECT OF FERTILIZATION WITH MANURE AND ORGANIC WASTES USED IN RYE MONOCULTURE
ON THE CONTENT OF PHENOL COMPOUNDS IN THE SOIL

S u m m a r y

The authors studied the effect of organic fertilizers on the total content of phenol compounds in soil samples taken from rye monoculture down to a depth of 60 cm. Large doses of organic fertilizers introduced into the soil in the year the field experiment was set up (1981) brought an increase in phenols concentration, in the following sequence: manure < keratin-bark-urea granulate < municipal sewage sludge. Considerably less phenol accumulated in the soil environment, especially after the application of the two letter fertilizers, applied as 1/3rd of the full dose over a period of three years. Phenol compounds concentrations reached their maximum in the arable horizon of the soil, and a minimum in the 20-40 cm horizon. Transport down to the 40-60 cm horizon was the most intense in the case of phenols originating from sewage sludge decomposition, and the least - in the case of phenols from keratin-bark-urea granulate.