



## METODY

Obiekty doświadczalne stanowiły wazony wypełnione piaskiem słabogliniastym i piaskiem gliniastym mocnym, do których dodano wermikomposty (A, B, C, D, E) i obornik bydlęcy (F) jako standard oraz obiekt kontrolny – bez nawożenia tymi nawozami. Utwory glebowe pobrano z poziomów próchnicznych uprawnych gleb płowych. Piasek słabogliniasty, o składzie granulometrycznym 76% piasku, 16% pyłu i 8% części spławialnych, o  $pH_{KCl}$  4,43, zawierał  $5,45 \text{ g kg}^{-1}$  węgla związków organicznych, oznaczonego metodą oksydacyjno-miareczkową,  $0,595 \text{ g kg}^{-1}$  azotu całkowitego, oznaczonego metodą Kjeldahla (C:N = 9,16), fosforu całkowitego  $0,542 \text{ g kg}^{-1}$  (C:P=10,0), a przyswajalnego  $0,069 \text{ g kg}^{-1}$ ; piasek gliniasty mocny – odpowiednio 63% piasku, 20% pyłu i 17% części spławialnych,  $pH_{KCl}$ =5,30,  $8,40 \text{ g kg}^{-1}$  węgla,  $0,865 \text{ g kg}^{-1}$  azotu (C:N = 9,71), fosforu całkowitego  $0,595 \text{ g kg}^{-1}$  (C:P=14,1), a przyswajalnego  $0,093 \text{ g kg}^{-1}$ . Wermikomposty użyte do badań wyprodukowano przy udziale dżdżownicy *Eisenia fetida* (Sav.) z przekompostowanych materiałów organicznych [według technologii podanej w patencie – Kalembasa i in. 1995], które stanowiły: osad ściekowy z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej ścieków komunalnych (100%) – wermikompost A; osad ściekowy j.w. (75%) i trociny mieszane (25%) – wermikompost B; osad ściekowy j.w. (75%) i odpady przemysłu mięsnego (25%) – wermikompost C; osad ściekowy j.w. (75%), trociny (12,5%) i odpady przemysłu mięsnego (12,5%) – wermikompost D; obornik bydlęcy (100%) – wermikompost E. Wybrane elementy składu chemicznego wermikompostów i obornika przedstawiono w tabeli 1. Wazony zostały wypełnione odpowiednią mieszaniną 10 kg utworu glebowego i 1 kg wermikompostu lub obornika (zmieszano 2/3 gleby z górnej części wazonu z materiałem organicznym). Rośliną testową była życica wielokwiatowa *Lolium multiflorum* (Lam.), którą zebrano cztery razy w odstępach 30-dniowych. Glebę w wazonach, w których zastosowano nawożenie wermikompostami otrzymanymi na bazie osadu ściekowego (A, B, C, D), nawieziono dodatkowo potasem w formie 60% soli potasowej (w dawce  $5,93 \text{ g}$  na wazon) w celu uzupełnienia potasu, gdyż w trakcie oczyszczania ścieków znaczna jego część jest odprowadzana z wodami ściekowymi. Regularne koszenie uprawianej trawy pozwoliło na śledzenie pobierania fosforu z mineralizujących się wermikompostów i obornika, określane zawartością tego pierwiastka w suchej masie życicy wielokwiatowej oraz jej plonem.

Zawartość fosforu całkowitego w wermikompostach, oborniku, utworach glebowych i uprawianej trawie oznaczono spektrofotometrycznie z molibdenianem amonu i eikonogem, jako odczynnikami redukującymi.

Tabela 1. Wybrane elementy składu chemicznego wermikompostów i obornika, stosowanych w doświadczeniu wazonowym

Table 1. Some elements of chemical composition of vermicomposts and FYM used in pot experiment

Składnik Determined elements	Materiał organiczny Organic materials						Średnio A-D Means A-D
	A	B	C	D	E	F	
Sucha masa, % Dry matter, %	61,1	54,9	52,2	52,9	46,1	24,7	55,3
	w g kg <sup>-1</sup> s.m. in g kg <sup>-1</sup> of D.M.						
Popiół surowy Raw ash	791	726	750	737	572	388	751
Węgiel związków organicznych Carbon of organic compounds	116	151	138	147	162	312	138
Azot całkowity Total nitrogen	11,3	10,8	12,8	12,5	14,9	18,8	11,9
Fosfor całkowity Total phosphorus	9,80	7,90	9,60	9,10	7,60	6,80	9,10
Wapń całkowity Total calcium	24,7	22,8	23,4	23,6	20,1	8,20	23,6
Magnez całkowity Total magnesium	3,40	2,52	2,88	3,05	2,80	3,15	2,90
	w mg kg <sup>-1</sup> s.m. in mg kg <sup>-1</sup> of D.M.						
Żelazo całkowite Total iron	3414	2678	3002	2866	730	1980	2990
Fosfor przyswajalny Available phosphorus	2680	1930	2410	2170	3620	3250	2300

Doświadczenie wazonowe, jednoczynnikowe, prowadzono w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Istotność różnic w średnich obiektowych dla plonu i zawartości fosforu oceniono przy pomocy analizy wariancji, stosując test F Fishera–Snedecora. W przypadku istotnych różnic wartość NIR obliczono testem Tukeya, przyjmując poziom istotności  $\alpha=0,05$ . Zależności pomiędzy badanymi cechami określono za pomocą współczynnika korelacji i równania prostej regresji.

## WYNIKI

Zawartość fosforu całkowitego w wermikompostach otrzymanych na bazie osadu ściekowego była większa niż w oborniku i wermikompoście z obornika. Dodatek komponentów do osadu ściekowego wpłynął na zmniejszenie ilości fosforu w wyprodukowanych wermikompostach. Podana w tabeli 1 całkowita zawartość wapnia, magnezu i żelaza świadczy o możliwości retrogradacji fosfo-

Tabela 2. Plon ( $\text{g wazon}^{-1}$ ) i zawartość fosforu ( $\text{g kg}^{-1}$  s.m.) w życicy wielokwiatowej oraz wartość współczynnika wykorzystania przez nią fosforu z wermikompostów i obornika, w doświadczeniu wazonowym

Table 2. The yield ( $\text{g pot}^{-1}$ ) and the content of phosphorus ( $\text{g kg}^{-1}$  of D.M.) in Italian ryegrass and the values of phosphorus utilization coefficient (%) from vermicomposts and FYM in pot experiments

Objekt nawozowy Object of fertilization	Plon sumaryczny z 4 pokosów Yield in $\text{g pot}^{-1}$ sum of 4 cuts	Zawartość fosforu w życicy (średnia z 4 pokosów) The content of phosphorus $\text{g kg}^{-1}$ of D.M. ryegrass mean values for four cuts	Wykorzystanie fosforu Utilization coefficient of phosphorus %	piasek słabo gliniasty weakly loamy sand		
				piasek gliniasty mocny heavy loamy sand		
O	20,3	12,81	-	25,5	12,43	-
A	46,0	12,94	4,68	50,1	12,80	4,61
B	35,2	12,85	4,16	44,0	11,52	4,37
C	43,9	12,88	5,54	58,2	11,97	7,22
D	37,8	13,65	4,10	52,8	12,55	5,93
E	45,5	12,86	9,66	50,5	12,39	8,81
F	46,8	12,18	17,71	55,4	12,61	21,52
Średnio A-D Means A-D	40,7	13,08	4,62	51,3	12,21	5,53
Średnio A-F Means A-F	42,5	12,89	7,64	51,8	12,31	8,74
Średnio O-F Means O-F	39,4	12,88	-	48,1	12,32	-

	Plon Yield	Współczynnik wykorzystania fosforu Utilization coefficient of phosphorus in %
NIR <sub>0,05</sub> dla LSD <sub>0,05</sub> for gleb soil (A)	6,56	ni ns
nawożenia fertilization (B)	6,22	2,14
interakcje interaction (A×B)	9,70	ni ns

ni – nieistotne, ns – not significant

ru, co zmniejsza jego straty przez wypłukiwanie z wermikompostów, a także może ograniczać pobieranie tego makroelementu przez rośliny.

Plon suchej masy życicy wielokwiatowej był wyższy na obiektach z piaskiem gliniastym mocnym, niż z piaskiem słabogliniastym (tab. 2). Był on istotnie zróżnicowany między obiektami, gdzie stosowano różne wermikomposty. Najwyższy plon na piasku słabogliniastym zebrano z obiektu nawożonego obornikiem i nieco mniejszy - wermikompostem z osadu ściekowego; na piasku glinia-

stym mocnym – z obiektu nawożonego wermikompostem z mieszaniny osadu ściekowego i odpadów przemysłu mięsnego i nieco mniejszy z obiektu nawożonego obornikiem. Najniższy plon uprawianej trawy na obydwu utworach glebowych otrzymano z obiektów nawożonych wermikompostem z mieszaniny osadu i trocin. Zmniejszenie wartości nawozowej osadów ściekowych po dodaniu do nich trocin podają także inne publikacje [Kalembasa 1998, Kalembasa, Symonowicz 1999]. Zmniejszenie plonu na tych obiektach wynikać może nie tylko z mniejszej ilości składników pokarmowych roślin wprowadzonych z tym wermikompostem, ale także z przemian węgla i azotu zawartych w wermikompoście po wprowadzeniu do utworu glebowego. Następuje wówczas przewaga immobilizacji składników pokarmowych nad mineralizacją organicznych połączeń na skutek dużej ilości związków węgla trudno ulegających rozkładowi, zawartych w trocinach [Kalembasa i in. 2001].

Zawartość fosforu w życicy wielokwiatowej z czterech pokosów była bardzo zbliżona z poszczególnych obiektów i wynosiła średnio  $12,88 \text{ g kg}^{-1}$  na piasku słabogliniastym i  $12,32 \text{ g kg}^{-1}$  na piasku gliniastym mocnym. Największą zawartość tego pierwiastka stwierdzono w trawie zebranej na piasku słabogliniastym z obiektu nawożonego wermikompostem z mieszaniny osadu, trocin i odpadów przemysłu mięsnego, a na piasku gliniastym mocnym – wermikompostem z osadu ściekowego. Zawartość fosforu w suchej masie życicy uzależniona była od wielkości plonu: przy najwyższym plonie I pokosu zawartość fosforu była najniższa, a przy najniższym IV pokosu – najwyższa. Wartość współczynnika korelacji wynosiła wówczas odpowiednio dla piasku słabogliniastego  $r = -0,86$ , a dla piasku gliniastego mocnego  $r = -0,68$ .

Przydatność do nawożenia danego nawozu określana jest między innymi wielkością współczynnika wykorzystania fosforu. Średnio dla wszystkich badanych wermikompostów wartość tego współczynnika była nieznacznie wyższa na piasku gliniastym mocnym niż na piasku słabogliniastym. Znacznie niższe wykorzystanie fosforu stwierdzono na obiektach nawożonych wermikompostami na bazie osadu ściekowego, wyższe dla wermikompostu obornikowego, a najwyższe dla obornika. Tak duże zróżnicowanie wartości współczynnika wykorzystania fosforu może wynikać z przebiegu procesów mineralizacji i sorpcji w utworach glebowych po wprowadzeniu nawozów, a także z wielkości dawek. W masie wermikompostów uzyskanych na bazie osadu ściekowego na wazon wprowadzono od 5,01 do 6,59 g fosforu, w wermikompoście z obornika 3,27 g, a w oborniku 1,68 g.

Z danych tabeli 1 i 2 wynika istotnie ujemna zależność pomiędzy ilością wprowadzonego do wazonu fosforu a wartością współczynnika jego wykorzystania, wartości te wynosiły dla piasku słabogliniastego  $r = -0,89$  i  $Y = 19,50 - 2,67x$ ,

a dla piasku gliniastego mocnego  $r=-0,84$  i  $Y=22,37-3,06x$ . Otrzymane wyniki trudno dyskutować, gdyż brak w literaturze porównywalnych badań.

#### WNIOSKI

1. Stosowanie wermikompostów w doświadczeniu wazonowym istotnie zwiększyło plonowanie życicy wielokwiatowej, a uzyskany plon był zbliżony do plonu na oborniku.

2. Wartość współczynnika wykorzystania fosforu średnio dla wszystkich obiektów z wermikompostów na bazie osadu ściekowego wynosiła 5,10%, z wermikompostu obornikowego 9,24%, a z obornika 19,62%. Stwierdzono istotną ujemną zależność pomiędzy ilością fosforu wprowadzonego do wazonu a wartością współczynnika wykorzystania tego pierwiastka.

3. Proces wermikompostowania może być wykorzystany do biologicznej przeróbki osadów ściekowych i innych materiałów organicznych jako sposób pozyskiwania składników pokarmowych w nawożeniu roślin.

#### PIŚMIENNICTWO

- Kalembasa D. 1995. Wermikompost – nawóz do rekultywacji gleb zdegradowanych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418, 591–596.
- Kalembasa D. 1998. Wpływ stężenia Cd, Pb i Ni w podłożu na biomasę i rozrodczość dżdżownicy *Eisenia fetida*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 334, 121–124.
- Kalembasa D. 2001. Zawartość makro- i mikroelementów w wermikompostach. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 372, 189–192.
- Kalembasa D., Becher M., Pakuła K. 2001. Zmiany zawartości form fosforu w czasie mineralizacji wermikompostów w utworach piaszczystych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 372, 145–149.
- Kalembasa S., Symanowicz B. 1999. Wpływ nawożenia mineralnego, mieszanin osadów pościekowych z korą i trocinami na plonowanie i skład chemiczny *Lolium multiflorum* Lam. Fol. Univ. Agric. Stetin. 200, Agricult. 77, 129–134.