

1997; Kalembasa 2000; Kalembasa i in. 2004]. Otrzymany wermikompost, zastosowany do użyźniania gleb, zwiększa ich żyzność oraz zawartość próchnicy glebowej. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu zawartości węgla w substancjach organicznych wermikompostów i obornika bydlęcego na ilość i jakość kwasów humusowych, wydzielonych z piaszczystych utworów glebowych.

METODY

Dwuletnie doświadczenie wazonowe, w którym stosowano wermikomposty i obornik bydlęcy (jako standard), przeprowadzono na dwóch utworach glebowych: piasku słabogliniastym i piasku gliniastym mocnym. Dobór materiałów glebowych podyktowany był dominacją utworów piaszczystych na Nizinie Południowopodlaskiej [Kalembasa 1997]. Pobrano je z poziomu próchnicznego uprawnych gleb płowych. Każdy wazon wypełniono mieszaniną 10 kg utworu glebowego i 1 kg badanego materiału organicznego, ze stosowanym nawozem organicznym wymieszano 2/3 gleby z górnej części wazonu. Wermikomposty użyte do badań otrzymano przy udziale dżdżownicy *Eisenia fetida* Sav. z przekompostowanych materiałów organicznych, które stanowiły: osad ściekowy z oczyszczalni ścieków komunalnych (100%) – wermikompost A; osad ściekowy (75%) i trociny mieszane (25 %) – wermikompost B; osad ściekowy (75 %) i odpady przemysłu mięsnego (25 %) – wermikompost C; osad ściekowy (75%), trociny (12,5%) i odpady przemysłu mięsnego (12,5%) – wermikompost D; obornik bydlęcy (100%) – wermikompost E. Produkcję wermikompostów prowadzono według technologii podanej w patencie Kalembasy i in. [1995].

Z poszczególnymi wermikompostami wprowadzono na wazon następujące ilości (w g) węgla w związkach organicznych: A – 70,9; B – 82,9; C – 72,0; D – 77,7; E – 74,7, a z obornikiem (F) – 77,1 g. Rośliną testową w doświadczeniu była życica wielokwiatowa *Lolium multiflorum* (Lam.). Piasek słabogliniasty zawierał 0,58 g kg⁻¹, a piasek gliniasty mocny 0,90 g kg⁻¹ węgla związków organicznych. Materiał glebowy w wazonach, w których zastosowano nawożenie wermikompostami wyprodukowanymi na bazie osadu ściekowego (A, B, C, D), w celu uzupełnienia, nawieziono dodatkowo potasem w formie 60 % soli potasowej (w dawce 5,93 g na wazon). Niska zawartość tego makroelementu w wermikompostach wynikała z faktu, iż w trakcie oczyszczania ścieków znaczna część potasu odprowadzana była z wodami ściekowymi. W ciągu pierwszego i drugiego roku trwania eksperymentu, w odstępach 30-dniowych, zbierano po cztery pokosy uprawianej trawy. Po dwóch latach pobrano próbki z poszczególnych obiektów doświadczenia, w których oznaczono: całkowitą zawartość węgla w związkach organicznych oraz węgiel zawarty w kwasach huminowych (KH)

i fulwowych (KF) w I i II wyciągu, metodą oksydacyjno-miareczkową [Kalembasa, Kalembasa 1992], skład frakcyjny substancji próchnicznych metodą Schnitzera [1978]. Po oznaczeniu całkowitej ilości węgla we frakcjach do wyciągu dolewano kwas siarkowy (VI), aż do uzyskania $\text{pH} = 1,5$ i odstawiano na 18 godzin do wytrącenia się kwasów huminowych, które odwirowano, a w roztworze kwasów fulwowych oznaczono zawartość węgla. Węgiel kwasów huminowych obliczono z różnicy między całkowitą zawartością węgla w I lub II wyciągu a węgla w roztworze kwasów fulwowych. Wyniki przedstawione tabelarycznie stanowią różnicę między ilością węgla występującego w utworach glebowych danego obiektu a obiektem kontrolnym. Ten sposób obliczania jest nowym podejściem w przedstawianiu wyników.

Do charakterystyki kwasów huminowych wydzielonych z nawożonych utworów glebowych wykorzystano także spektroskopię w zakresie światła widzialnego. Te optyczne właściwości badano dla roztworów kwasów huminowych o stężeniu 0,02% w 0,05 mol $\text{NaHCO}_3 \text{ dm}^{-3}$. Obliczono stosunek $A_{4/6}$, który wyraża wartość absorbancji światła widzialnego przy długości fali 465 i 665 nm (mierzonej w warstwie o grubości 1 cm 0,001% roztworu humianu sodu, po przeliczeniu na suchą masę bezpopielną). Wartość absorbancji $A_{4/6}$ wskazuje na stopień kondensacji jądra aromatycznego drobin kwasów huminowych [Kononowa 1968; Chen i in. 1977]. Schnitzer i Khan [1972], Flis-Bujak [1978] i Gonet [1989] wskazują na to, że absorbancja kwasów huminowych zwiększa się wraz ze wzrostem ilości węgla w jądrze tych kwasów w stosunku do ilości węgla w połączeniach alifatycznych, całkowitej ilości węgla oraz masy molowej tych kwasów. Wartość $A_{4/6}$ powyżej 5 mówi o prostszej budowie kwasów huminowych.

Doświadczenie wazonowe, jednoczynnikowe, prowadzono w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Istotność różnic w średnich obiektowych, dotyczących strat węgla wprowadzonego w wermikompostach i oborniku, 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

W zastosowanych do nawożenia wermikompostach wprowadzono do piaszczystych utworów glebowych różne ilości węgla w związkach organicznych. Po zakończeniu dwuletniego doświadczenia wazonowego, w którym uprawianą rośliną była życica wielokwiatowa, w utworach glebowych poszczególnych

Tabela 1. Wpływ wernikompostów i obornika na ilość i jakość próchnicy glebowej po dwóch latach doświadczenia wazonowego
 Table 1. The content of organic carbon and its fractions extracted from light soil materials as well as the values of A_{440} of solution after two of pot experiment

Objekt nawozowy Fertilized object	Zawartość węgla Carbon content											A_{440}	
	po zakończeniu doświadczenia The amount of carbon g pot ⁻¹ after years 2 nd of experiment		straty w % węgla zastosowanego = 100 % Doses of carbon in % of applicated C = 100%		wyekstrahowana z utworu glebowego The amount of C extracted from soil		w % węgla wyekstrahowanego = 100 we frakcji C = 100% in fraction		w % węgla I frakcji = 100 % of 1 st fraction in		w % węgla II frakcji = 100 % of 2 nd fraction in		
	g wazon ⁻¹	g pot ⁻¹	in %	mg kg ⁻¹	I	II	KH	KF	KH	KF	KH		KF
Piaszek słabo gliniasty Weakly loamy sand													
A*	45,5	381	83,9	35,8	70,5	29,5	79,0	21,0	51,1	48,9	5,98		
B	55,3	376	68,0	33,3	70,2	29,8	84,8	15,2	53,5	46,5	6,12		
C	40,1	237	59,3	44,3	68,7	31,3	80,6	19,4	43,2	56,8	7,06		
D	47,8	265	55,6	38,5	77,3	22,7	81,1	18,9	48,2	51,8	5,60		
E	37,6	246	65,6	49,7	67,2	32,8	80,6	19,4	62,4	37,6	7,82		
F	28,8	139	48,4	62,6	67,1	32,9	82,1	17,9	72,6	27,4	7,58		
Srednio mean A-D	47,2	315	66,7	38,0	71,7	28,3	81,4	18,6	49,0	51,0	6,19		
Srednio Mean A-F	42,5	274	63,4	44,0	70,2	29,8	81,4	18,6	55,2	44,8	6,69		
NIR _{0,65} LSD _{0,05}				5,2									
Piaszek gliniasty mocno Heavy loamy sand													
A	47,0	384	82,1	33,7	69,5	30,5	81,4	18,6	54,1	45,9	5,81		
B	58,9	374	69,1	29,0	69,3	30,7	85,7	14,3	54,2	45,8	6,49		
C	41,3	239	57,2	42,6	65,1	34,9	82,4	17,6	60,7	39,3	7,45		
D	51,4	262	53,1	33,8	73,4	26,6	83,1	16,9	34,7	65,3	5,28		
E	38,8	251	63,6	48,1	67,1	32,9	84,6	15,4	68,1	31,9	8,41		
F	33,8	149	42,1	56,2	65,4	34,6	88,0	12,0	71,4	28,6	8,82		
Srednio Mean A-D	49,7	315	65,4	34,5	69,3	30,7	83,2	16,9	51,0	49,0	6,26		
Srednio Mean A-F	45,2	276	61,2	40,6	68,3	31,7	84,2	15,8	57,2	42,8	7,04		
NIR _{0,65} LSD _{0,05}				4,7									

*jak w rozdziale as in chapter Methods

objektów stwierdzono także różną zawartość węgla w związkach organicznych. Zanotowano wyraźną zależność między ilością węgla oznaczoną w utworach glebowych a zawartością wprowadzoną w wermikompostach otrzymanych na bazie osadu ściekowego, która wyrażała się dla piasku słabogliniastego $r = +0,89$, a piasku gliniastego mocnego $r = +0,92$. Wskaźnikiem intensywności procesów mineralizacji organicznych związków węgla są jego straty, które po dwóch latach były największe dla obornika, a najmniejsze dla wermikompostu z mieszaniny osadu ściekowego i trocin, gdyż trociny ulegają bardzo powolnemu rozkładowi. Po zakończeniu doświadczenia stwierdzono istotnie dodatnią zależność pomiędzy ilością węgla, jaka pozostała w utworach glebowych poszczególnych obiektów, a ilością tego pierwiastka wyekstrahowaną $0,1 \text{ mol NaOH dm}^{-3}$ z tych gleb, przy wartości współczynnika korelacji $r = +0,87$ i $Y = -9,63 + 0,87x$ dla piasku słabogliniastego oraz $r = +0,78$ i $Y = -7,18 + 0,77x$ dla piasku gliniastego mocnego. Istotnie ujemną korelację stwierdzono między wydzieloną ilością związków organicznych a jego stratami z wermikompostów: dla piasku słabogliniastego $r = -0,92$ i $Y = 73,96 - 1,089x$, a dla piasku gliniastego mocnego $r = -0,95$ i $Y = 89,2 - 1,07x$.

Z całkowitej zawartości węgla wprowadzonej do utworów glebowych średnio wyekstrahowano nieco więcej węgla z piasku słabogliniastego niż z piasku gliniastego mocnego (tab. 1). Gdy przyjmiemy całkowitą ilość wyekstrahowanego węgla za 100%, znaczna jego część znajdowała się we frakcji I, średnio nieco więcej w piasku słabogliniastym niż w piasku gliniastym mocnym. W obydwu utworach piaszczystych nieznacznie więcej węgla I frakcji przeważyło pozostawiały wermikomposty otrzymane na bazie osadu ściekowego, niż obornik. Najwięcej węgla I frakcji w obydwu utworach stwierdzono w obiektach nawożonych wermikompostem z mieszaniny osadu ściekowego, trocin i odpadów przemysłu mięsnego.

Udział węgla kwasów huminowych I frakcji był ponad 4-krotnie większy niż węgla kwasów fulwowych. We frakcji II zanotowano także więcej (średnio) węgla kwasów huminowych niż kwasów fulwowych, w piasku słabogliniastym o 18,8%, a w piasku gliniastym mocnym 25,2%.

Współczynnik absorbancji $A_{4/6}$ roztworu humianów sodu wyekstrahowanych z utworów glebowych nawożonych wermikompostami i obornikiem (tab. 1) przyjmował wartość powyżej 5, co świadczy o prostej budowie kwasów huminowych. Wartość ta była nieco wyższa dla piasku gliniastego mocnego, niż piasku słabogliniastego. Mniejsze wartości tego ilorazu stwierdzono w wyciągach z obiektów nawożonych wermikompostami na bazie osadu ściekowego niż nawożonych obornikiem i wermikompostem z obornika. Najniższe wartości $A_{4/6}$ zanotowano na obydwu utworach glebowych dla obiektów nawożonych wermi-

kompostem z mieszaniny osadu ściekowego, trocin i odpadów przemysłu mięsnego. W kwasach huminowych wydzielonych z wermikompostów i obornika autorka [Kalembasa 2000] stwierdziła zbliżone wartości A_4/A_6 , w granicach 5,5–8,8 dla frakcji I i 4,3–6,0 dla frakcji II. Wartość współczynnika korelacji obliczona między ilością wydzielonego węgla w związkach organicznych a wartością $A_4/6$ wynosiła dla piasku słabogliniastego $r = -0,84^*$ i $Y = 21,1 - 0,205x$, a dla piasku gliniastego mocnego $r = -0,87^*$ i $Y = 33,6 - 0,390x$.

WNIOSKI

1. Po dwóch latach doświadczenia wazonowego więcej węgla w związkach organicznych stwierdzono w utworach glebowych nawożonych wermikompostami na bazie osadu ściekowego niż w utworach nawożonych obornikiem i wermikompostem z obornika, więcej w piasku gliniastym mocnym niż w piasku słabogliniastym.

2. Większe straty węgla zanotowano na obiektach nawożonych obornikiem niż nawożonych wermikompostami.

3. Zawartość wyekstrahowanego węgla $0,1 \text{ mol NaOH dm}^{-3}$ była większa z obiektów nawożonych wermikompostami niż obornikiem.

4. Z piaszczystych utworów glebowych nawożonych wermikompostami i obornikiem wydzielono więcej węgla związków organicznych w I niż w II frakcji.

5. Wartość współczynnika absorbancji $A_4/6$ kwasów huminowych wyekstrahowanych z nawożonych utworów glebowych świadczy o tym, iż są to kwasy o prostej budowie, niskim stopniu kondensacji jądra, przewadze struktur alifatycznych nad cyklicznymi i większej ich ruchliwości.

PIŚMIENICTWO

- Chen Y., Senesi N., Schnitzer M. 1977. Information provided on humic substances by E_4/E_6 ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 352–358.
- Flis-Bujak M. 1978. Przemiany związków próchnicznych w glebach wytworzonych z lessu pod wpływem zmianowań o zróżnicowanym udziale zbóż. *Rozprawy AR w Lublinie*.
- Gonet S. 1989. Właściwości kwasów huminowych gleb o zróżnicowanym nawożeniu. *Rozprawy ATR w Bydgoszczy*.
- Kalembasa D. 1997. Wykorzystanie warunków glebowych województwa siedleckiego w strategii rozwoju gospodarki żywnościowej. *Zesz. Nauk. WSR-P w Siedlcach* 49, 23–42.
- Kalembasa D. 2000. Charakterystyka wermikompostów i ich przemiany w utworach piaszczystych. *Rozprawy AP w Siedlcach*.

-
- Kalembasa S., Kalembasa D. 1992. The quick method for the determination of C/N ratio in mineral soils. *Polish J. Soil Sci.* 25, 1, 41–46.
- Kalembasa S., Kalembasa D. 1997. Wybrane chemiczne i biologiczne metody przeróbki osadów ściekowych. *Biotechnologia* 1, 36, 45–51.
- Kalembasa S., Kalembasa D., Kania R. 1995. Sposób utylizacji osadów z biologicznych oczyszczalni ścieków. Patent PL 167663 B1.
- Kalembasa S., Baran S., Drozd J. 2004. Wartość próchnicotwórcza odpadów jako czynnik wpływający na środowisko glebowe. *Rocz. Gleb.* (w druku)
- Kononowa M.M. 1968. *Substancje organiczne gleby, ich budowa, właściwości i metody badań.* PWRiL, Warszawa.
- Schnitzer M., Khan S.U. 1972. *Humic substances in the environment.* Marcel Dekker, New York, 57–60.

