

Azot mineralny (N_{\min}) występuje w glebie w postaci jonów amonowych i azotanowych w ilości od 1% do 5% zawartości azotu ogółem. Z uwagi na dynamikę przemian tego składnika i jego wpływ na odżywianie roślin stanowi najważniejszą pulę ogólnych zasobów azotu glebowego [Curtin, Wen 1999; Murphy i in. 2000; Fotyma i in. 2002]. W agroekosystemach następuje stałe wyczerpywanie się tej puli zarówno w wyniku pobierania azotu przez rośliny i mikroorganizmy glebowe, jak również strat na drodze wymywania, erozji czy też ulatniania jego gazowych związków [Schulten, Schnitzer 1998; Deng i in. 2000; Fotyma i in. 2002]. Jednocześnie procesy mineralizacji glebowej substancji organicznej, imisja związków azotu z atmosfery oraz nawożenie, m.in. substancjami odpadowymi, prowadzi do uzupełniania rezerw N_{\min} . Wzrost zawartości mineralnych form azotu glebowego w wyniku stosowania odpadów uzależniony jest zarówno od ich składu chemicznego, m.in. ilości i formy wprowadzanego azotu, wartości stosunku C:N [Nicolardot i in. 1986; Schulten, Schnitzer 1998; Kuzyakov i in. 2000], jak również właściwości gleby, zmianowania roślin oraz warunków klimatycznych [Fotyma 1996; Spychaj-Fabisiak 2000].

Celem pracy było określenie możliwości zwiększenia zawartości mineralnych form azotu w glebie w warunkach stosowania wybranych odpadów (słoma, wywar gorzelniany, melasowy).

METODY

Badania wykonano opierając się na trzyletnich, ścisłych doświadczeniach polowych założonych we wsi Pańków (powiat Tomaszów Lubelski) na glebie bielicowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych. Schemat doświadczenia obejmował 3 bloki, w których wyodrębniono losowo 6 obiektów: obiekt kontrolny, bez nawożenia (0), nawożenie mineralne N,P,K (NPK), obornik (FYM), słoma + azot mineralny (S + N), słoma + wywar gorzelniany melasowy (S + W), wywar gorzelniany melasowy (W). Dawki odpadów organicznych obliczono na podstawie ilości azotu ogółem wnoszonej wraz z dawką obornika -25 t ha^{-1} , tj. ok. $125 \text{ kg N}_t \text{ ha}^{-1}$. Słomę (7 t ha^{-1}) z dodatkiem azotu mineralnego i wywaru gorzelnianego melasowego oraz obornik (25 t ha^{-1}) zastosowano w okresie jesiennym 1998 roku, a wywar gorzelniany melasowy (56 t ha^{-1}) w okresie wiosennym 1999 roku. Dawki nawożenia mineralnego – azotem (saletra amonowa), fosforem (superfosfat potrójny granulowany) i potasem (sól potasowa 50) ustalono dla wszystkich roślin testowych na podstawie zaleceń nawozowych.

Roślinami testowymi były: w 1999 roku lędźwian siewny odmiany Darek (po zbiorze lędźwianu siewnego i oddzieleniu nasion (przyorano jego słomę),

w 2000 roku ziemniaki jadalne odmiany Sante, w 2001 roku pszenica ozima odmiany Mewa.

W latach 1999, 2000 i 2001 w próbach glebowych, pobieranych przy użyciu łaski glebowej, z każdego obiektu, w dwóch terminach: przed rozpoczęciem wegetacji (I termin) oraz po zbiorze każdej rośliny (II termin), z czterech głębokości gleby: 0–20 cm, 20–30 cm, 30–60 cm, 60–90 cm, oznaczono zawartość mineralnych form azotu po ekstrakcji 1% K_2SO_4 ; azot amonowy i azotanowy oznaczono metodą kolorymetryczną, odpowiednio z odczynnikiem Nesslera i z salicylanem sodu. Wyliczono również udział (%) azotu azotanowego w azocie mineralnym.

Uzyskane dane opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji z półprzedziałami ufności Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Zastosowane odpady (wywar, słoma z dodatkami) przyczyniły się do wzrostu zawartości mineralnych form azotu glebowego w stosunku do wartości uzyskanych w obiektach kontrolnych w pierwszym i ostatnim roku trwania doświadczenia (tab. 1, 3), przy czym najkorzystniejszy wpływ odnotowano w przypadku aplikacji słomy z wywarem. W roku 2000 nawożenie nie powodowało istotnych zmian zawartości azotu mineralnego (tab. 2), co mogło wiązać się z następczym oddziaływaniem przyoranej słomy lędźwianu oraz z większym pobraniem azotu przez roślinę testową (ziemniaki) w obiektach nawożonych odpadami, na co wcześniej zwracali uwagę Dechnik i Kaczor [1997]. W przeprowadzonym doświadczeniu nie potwierdzono tezy o gwałtownym spadku mineralnych form N w profilu glebowym na skutek wzmożonych procesów immobilizacji po zastosowaniu słomy [Christensen 1987; Cookson i in. 1998; Cheshire i in. 1999]. Prawdopodobnie jednak proces mineralizacji związanego przez bakterie i grzyby azotu spowodował w roku 2001 wzrost ilości N_{min} w glebie nawożonej słomą z dodatkiem azotu i wywaru. Dechnik i Wiater [1996] stwierdzili, że w glebach o małej zawartości humusu azot wbudowywany jest zwykle w związki łatwo hydrolizujące, które mogą ulec przemianom w krótkim czasie, do azotu mineralnego. Nawożenie wywarem, gdzie azot występuje głównie w formie białkowej, łatwo podlegającej transformacji do NH_4^+ i NO_3^- [Kotarska i in. 1998; Milewski i in. 2001], oddziaływało na znaczne (o ponad pięćdziesiąt procent) podwyższenie zawartości mineralnych form azotu w glebie jedynie w roku 1999 (tab. 1). W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia odpad ten wykazywał się działaniem zbliżonym (rok 2000) lub słabszym (rok 2001), w porównaniu ze słomą z wywarem.

Tabela 1. Zawartość azotu mineralnego (N_{\min}) w glebie w 1999 rokuTable 1. The content of mineral nitrogen (N_{\min}) in the soil in 1999

Obiekt Treat- ment	Termin I Term I				\bar{x}	Termin II Term II				\bar{x}	\bar{x} A
	0-20	20-30	30-60	60-90		0-20	20-30	30-60	60-90		
	cm					cm					
	mg kg ⁻¹										
0	5,89	3,44	10,50	9,77	7,40	17,79	10,95	9,04	3,24	10,26	8,83
NPK	5,89	3,44	10,50	9,77	7,40	15,81	12,04	4,32	4,36	9,13	8,27
FYM	10,86	6,81	9,67	9,65	9,25	19,18	16,91	10,35	4,50	12,74	10,99
S + N	4,22	10,30	16,07	11,55	10,54	17,10	14,59	6,09	4,58	10,59	10,56
S + W	11,74	9,01	16,48	11,70	12,23	24,86	20,14	6,98	4,93	14,23	13,23
W	12,13	5,39	11,56	9,49	9,64	30,78	20,03	12,97	5,18	17,24	13,44
\bar{x}	8,46	6,40	12,46	10,32		20,92	15,78	8,29	4,47		
\bar{x} B	9,41					12,36					

NIR_{0,05} LSD_{0,05} Nawożenie Fertilization (A) 3,34 \bar{x} C Głębokość Depth: 0-20 cm 14,69; 20-30 cm 11,09
Termin Term (B) 1,27 30-60 cm 10,38; 60-90 cm 7,39
Głębokość Depth (C) 2,43

Tabela 2. Zawartość azotu mineralnego (N_{\min}) w glebie w 2000 rokuTable 2. The content of mineral nitrogen (N_{\min}) in the soil in 2000

Obiekt Treat- ment	Termin I Term I				\bar{x}	Termin II Term II				\bar{x}	\bar{x} A
	0-20	20-30	30-60	60-90		0-20	20-30	30-60	60-90		
	cm					cm					
	mg kg ⁻¹										
0	10,67	10,29	7,01	5,01	8,25	18,02	13,40	7,31	7,08	11,45	9,85
NPK	8,70	13,85	7,16	5,05	8,69	17,96	7,33	8,88	7,13	10,33	9,51
FYM	21,24	13,30	12,56	4,67	12,94	7,67	5,06	11,31	7,27	7,83	10,39
S + N	18,19	12,89	6,44	4,92	10,61	10,48	5,80	7,44	6,96	7,67	9,14
S + W	12,21	10,08	5,35	3,96	7,90	10,24	5,92	9,12	8,57	8,46	8,18
W	12,05	13,35	11,83	7,92	11,29	5,68	5,53	7,59	8,03	6,71	9,00
\bar{x}	13,84	12,29	8,39	5,26		11,68	7,17	8,61	7,51		
\bar{x} B	9,95					8,74					

NIR_{0,05} LSD_{0,05} Nawożenie Fertilization (A) ni ns \bar{x} C Głębokość Depth: 0-20 cm 12,76; 20-30 cm 9,73
Termin Term (B) ni ns 30-60 cm 8,50; 60-90 cm 6,38
Głębokość Depth (C) 3,71

Stwierdzano na ogół znaczną dynamikę zmian związków azotu mineralnego, zaznaczającą się między innymi wyraźnym obniżeniem ich zawartości wiosną i ponownym wzrostem w okresie jesiennym (1999, 2001). Na zależności te najprawdopodobniej miał wpływ proces mineralizacji, nasilający się przeważnie w okresie jesiennym, kiedy to nagromadzeniu ulegał obumierający system korzeniowy i resztki poźniwne oraz istniały odpowiednie warunki wilgotnościowe i termiczne sprzyjające tego typu przemianom [Brożek 1985; Johnston, Jenkinson 1989; Kozanecka 1995].

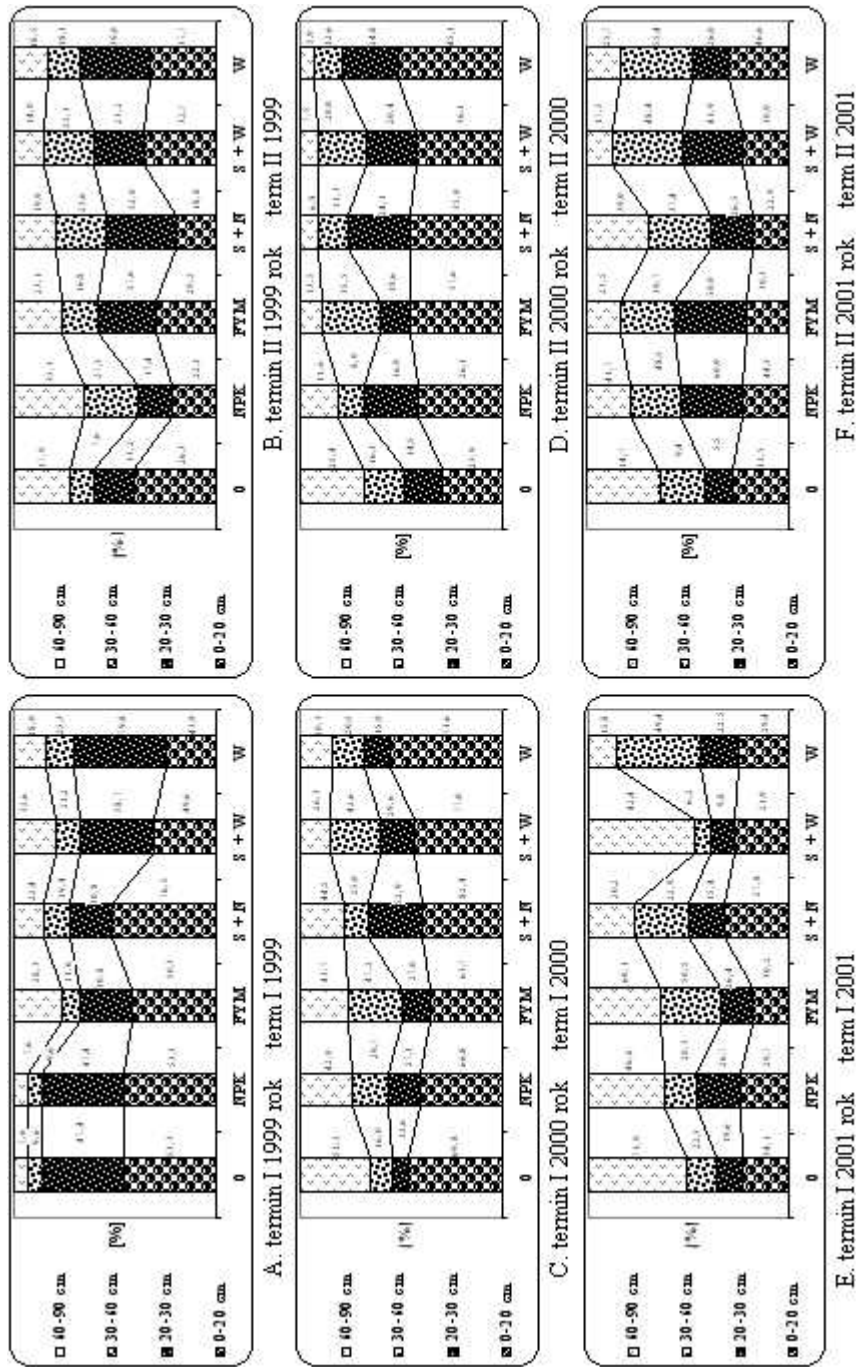
Tabela 3. Zawartość azotu mineralnego (N_{\min}) w glebie w 2001 roku
 Table 3. The content of mineral nitrogen (N_{\min}) in the soil in 2001

Obiekt Treat- ment	Termin I Term I				\bar{x}	Termin II Term II				\bar{x}	\bar{x} A
	0–20	20–30	30–60	60–90		0–20	20–30	30–60	60–90		
	cm					cm					
	mg kg ⁻¹										
0	9,38	9,43	7,99	4,41	7,80	15,62	8,69	7,04	9,43	10,20	9,00
NPK	10,85	8,66	2,90	5,66	7,02	13,33	9,53	9,49	9,91	10,57	8,79
FYM	10,7	9,65	5,74	4,94	7,76	8,79	10,84	8,64	6,31	8,65	8,20
S + N	12,43	10,79	5,29	15,29	10,95	16,66	10,86	12,69	13,33	13,39	12,17
S + W	14,00	13,23	9,74	8,42	11,35	23,30	20,13	20,63	16,26	20,08	15,71
W	10,09	9,45	6,31	8,48	8,58	19,26	8,55	12,18	7,42	11,85	10,22
\bar{x}	11,24	10,20	6,33	7,87		16,16	11,43	11,78	10,44		
\bar{x} B	8,91					12,45					

NIR_{0,05} LSD_{0,05} Nawożenie Fertilization (A) 3,53 \bar{x} C Głębokość Depth: 0-20 cm 13,70; 20-30 cm 10,82
 Termin Term (B) 1,34 30-60 cm 9,05; 60-90 cm 9,16
 Głębokość Depth (C) 2,56

Odnotowano istotne różnice w rozmieszczeniu N_{\min} w analizowanych warstwach profilu glebowego. Azot mineralny kumulował się głównie w warstwie 0–20 cm (tab. 1–3), co jest zgodne ze spostrzeżeniami innych badaczy [Dechnik, Wiater 1996; Rutkowska i in. 2002]. Na głębokości 20–30 cm, pomimo że stwierdzono spadek zawartości N_{\min} o 21,0% (2001) – 24,5% (1999), uzyskane wartości były wyższe aniżeli te obserwowane na głębokości 30–60 cm i 60–90 cm. Należy zaznaczyć, że występowały niekiedy strefy akumulacji N–NH₄ i N–NO₃ poniżej warstwy ornej (1999, I termin, S + W, S + N; 2000, II termin, FYM, W; 2001, I termin S + N).

W warunkach gleb klimatu umiarkowanego formą dominującą w azocie mineralnym jest zwykle N–NH₄ [Łabętowicz, Rutkowska 1996; Kubik-Dobosz 1998; Czepińska-Kamińska i in. 1999], co zostało potwierdzone w większości przypadków w przeprowadzonym doświadczeniu (ryc. 1). Tendencję tę modyfikowało niekiedy stosowanie odpadów o szerokim stosunku C:N (słoma w połączeniu z azotem mineralnym wiosną 1999 roku), prawdopodobnie na skutek krótkotrwałej mikrobiologicznej immobilizacji jonów NH₄⁺ [Schulten, Schnitzer 1998], a także warunki pogodowe i uprawki mechaniczne (wiosna 2000 roku), poprawiające natlenienie i przyczyniające się do nasilenia procesów nityfikacji [Smoroń i in. 1996; Spychaj-Fabisiak 2000].



Rycina 1. Udział $N-NO_3$ w azocie mineralnym w glebie w latach 1999–2001
 Figure 1. The percentage of $N-NO_3$ in mineral nitrogen in the soil in 1999–2001

WNIOSKI

1. Zastosowane odpady (wywar, słoma z dodatkami) przyczyniły się na ogół do wzrostu zawartości mineralnych form azotu w glebie.
2. Aplikacja słomy z dodatkiem wywaru gorzelnianego melasowego miała największy wpływ na wzrost zasobności gleby w azotu mineralny.
3. Zawartość azotu mineralnego była najwyższa w wierzchniej warstwie profilu glebowego (0–20 cm).
4. Udział formy amonowej na ogół przeważał w puli azotu mineralnego, co było niekiedy modyfikowane stosowaniem odpadów o szerokim stosunku C:N, jak również warunkami pogodowymi i uprawkami mechanicznymi nasilającymi proces nityfikacji.

PIŚMIENNICTWO

- Brożek S. 1985. Mineralne formy azotu w glebach leśnych Beskidu Zachodniego. *Rocz. Gleb.* 36, 3, 91–108.
- Cheshire M.V., Bedrock C.N., Williams B.L., Christensen B.T., Thomsen I., Alpendre P. 1999. Effect of climate and soil type on the immobilization of nitrogen by decomposing straw in northern and southern Europe. *Biol. Fertil. Soils* 28, 306–312.
- Christensen B.T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19, 4, 429–435.
- Cookson W.R., Beare M.H., Wilson P.E. 1998. Effects of prior residue management on microbial properties and crop residue decomposition. *Applied Soil Ecology* 7, 179–188.
- Curtin D., Wen G. 1999. Organic matter fractions contributing to soil nitrogen mineralization potential. *Soil Sci. Am. J.* 63, 410–415.
- Czepińska-Kamińska D., Rutkowski A., Zakrzewski S. 1999. Sezonowe zmiany zawartości N–NH₄ i N–NO₃ w glebach leśnych. *Rocz. Gleb.* 50, 4, 47–56.
- Dechnik I., Kaczor A. 1997. The influence of municipal sewage on the nitrogen uptake and its balance in mineral and organic soils. *Polish J. Soil Sci.* 30, 1, 37–43.
- Dechnik I., Wiater J. 1996. Dynamika azotu azotanowego w glebie pod monokulturą pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 75–80.
- Deng S.P., Moore J.M., Tabatabai M.A. 2000. Characterization of active nitrogen pools in soils under different cropping systems. *Biol. Fertil. Soils* 32, 302–309.
- Fotyma E. 1996. Zastosowanie metody N_{min} do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 89–99.
- Fotyma E., Fotyma M., Pietruch Cz., Berge H. 2002. Źródła azotu mineralnego i efektywność ich wykorzystania w rolnictwie polskim. *Nawozy i Nawożenie* 1, 30–49.
- Johnston A.E., Jenkinson D.S. 1989. The nitrogen cycle in UK arable agriculture. *The Fertilizer Society of London*, 14 December 1989, 5–22.
- Kotarska K., Czupryński B., Kłosowski G. 1998. Zagospodarowanie wywarów gorzelnicznych w produkcji rolnej i poza nią. *Ekologia i Technika* 6, 168–174.

- Kozanecka T. 1995. Zawartość mineralnych form N-NH₄ i N-NO₃ w glebach sadu jabłoniowego. *Rocz. Gleb.* 46, 1/2, 105–117.
- Kubik-Dobosz G. 1998. Pobieranie jonów amonowych przez rośliny wyższe. *Wiad. Bot.* 42, 37–48.
- Kuzyakov Y., Friedel J.K., Stahr K. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32, 1485–1498.
- Łabętowicz J., Rutkowska B. 1996. Dynamika stężenia azotanów i jonu amonowego w roztworze glebowym w zróżnicowanych warunkach nawozowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 224–229.
- Milewski J., Sarnecka J., Zalewska T., Łabętowicz J. 2001. Wywar z gorzelnicy – wartościowy produkt uboczny czy odpad? (2). *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 7, 23–25.
- Murphy D.V., Macdonald A.J., Stockdale K.W.T., Goulding K.W.T., Fortune S., Gaunt J.L., Poulton P.R., Wakefield J.A., Webster C.P., Wilmer W.S. 2000. Soluble organic nitrogen in agricultural soils. *Biol. Fertil. Soils* 30, 374–387.
- Nicolardot B., Guiraud G., Chaussod R., Catroux G. 1986. Mineralization in soil of microbial material labeled with carbon 14 and nitrogen 15: quantification of the microbial biomass of nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* 18, 263–273.
- Rutkowska B., Łabętowicz J., Szulc W. 2002. Zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym w warunkach wieloletniego trwałego doświadczenia nawozowego. *Nawozy i Nawożenie* 1, 76–82.
- Schulten H.R., Schnitzer M. 1998. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. *Biol. Fertil. Soils* 26, 1–15.
- Smoroń S., Kopeć S., Misztal A. 1996. Dynamika azotanów w wodach infiltrujących przy różnych uprawach rolniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 367–374.
- Spychaj-Fabisiak E. 2000. Modelowanie procesów wymywania związków azotu w zależności od właściwości gleb. Rozprawa habilitacyjna, Wydział Rolniczy, ATR, Bydgoszcz.