

Jerzy Barszczewski, Magdalena Wolicka
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych
w Falentach

TECHNICZNE ORAZ METEOROLOGICZNE CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE ROZPRASZANIE AZOTU NA ŁĄCĘ TRWAŁEJ NAWOŻONEJ GNOJÓWKĄ

Streszczenie

Stosowano doglebowe oraz rozbryzgowe nawożenie gnojówką łąki trwałej w ilości $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Badania rozpraszania się azotu w środowisku badano poprzez emisję amoniaku do atmosfery oraz jego mineralnych form w górnych warstwach gleby. Badania wskazują, że rozbryzgowy sposób nawożenia gnojówką powoduje większą emisję amoniaku niż doglebowy. Emisja amoniaku w zróżnicowanych warunkach meteorologicznych wykazała, że takie czynniki jak temperatura powietrza, niedosyt wilgotności powietrza oraz opady istotnie ją kształtują.

Słowa kluczowe: sposoby aplikacji, gnojówka, rozpraszanie azotu

Wstęp

W dobie prośrodowiskowych sposobów nawożenia, w coraz większym stopniu odchodzi się od nawozów mineralnych na korzyść nawozów naturalnych, takich jak gnojówka, gnojowica, obornik. Mimo ich niezaprzeczalnej przewagi w korzyściach środowiskowych nad nawozami mineralnymi, należy także zwracać uwagę na możliwości negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne. Negatywny wpływ nawozów naturalnych na środowisko wiąże się z emisją amoniaku do atmosfery [Marcinkowski 1998] oraz przemieszczaniem się azotanów w glebie, w konsekwencji wymywaniu ich do wód gruntowych [Sapek 1995; Skorbiłowicz 2006]. W aplikacji nawozów naturalnych Bittman i in. [2002] wskazują na wyraźne efekty środowiskowe niektórych rozwiązań oraz czynniki meteorologiczne kształtujące rozpraszanie azotu w środowisku [Asman 1998]. W pracy podjęto próbę porównania dwóch sposobów nawożenia gnojówką.

Celem pracy były porównania sposobów aplikacji gnojówki na łące trwałej i określenie rozmiaru rozpraszania się związków azotu do środowiska.

Metodyka

Badania prowadzono na terenie Zakładu Doświadczalnego Instytutu Melioracji i Użytków z Zielonych w Falentach, na łące grądowej na czarnej ziemi zdegradowanej, o zawartości 2,5% węgla organicznego w warstwie 0–5 cm, poniżej do 30cm około 1,0%. W badaniach stosowano doglebową oraz rozbrzygową aplikację gnojówki łące trwałej w ilości $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (tj. $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Aplikację gnojówki oraz pomiary rozpraszania się azotu w środowisku prowadzono w zróżnicowanych warunkach meteorologicznych, tj. różnych temperaturach powietrza, niedosytach wilgotności powietrza oraz zróżnicowanych ilościach i rozkładzie opadów. Gnojówkę stosowano na poletkach o powierzchni 200 m^2 , na każdym boku poletka w jego środkowej części ustawiano maszt do pomiarów emisji amoniaku. Na każdym maszcie na wysokości 20 cm, 50 cm, 80 cm i 150 cm mocowano po dwa próbniki Ferma sorbujące amoniak. Sorbentem amoniaku w próbnikach były kryształki kwasu szczawiowego. Pomiary emisji amoniaku prowadzono w tzw. dobie zerowej (przed stosowaniem gnojówki) oraz przez cztery następne doby po jej aplikacji, zmieniając próbnyki po każdej dobie. Zdemonstrowane próbnyki poddawano płukaniu stałą objętością wody dejonizowanej, a otrzymany roztwór poddawano analizie kolorymetrycznej przy pomocy analizatora przepływowego SKALAR. Wyniki z $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ przeliczano na $\text{kg NH}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Zmiany zawartości mineralnych form azotu w glebie śledzono pobierając jej próby z kilku punktów oddzielnie z każdej ćwiartki poletka, uzyskując w ten sposób wyniki w czterech powtórzeniach. Próby gleby pobierano łaską Egnera z warstw 0-5, 5-10 oraz 10-30 cm, w następujących dobach: zerowej, drugiej, szóstej, dziewiątej oraz dwudziestej drugiej po aplikacji gnojówki. Z prób gleby (po objętościowym ich odmierzeniu i zalaniu 1% roztworu K_2SO_4) uzyskano wyciąg gleby, w którym określano zawartości N-NO_3 i N-NH_4 w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, również za pomocą analizatora przepływowego.

Wyniki badań i dyskusja

W trakcie realizacji poszczególnych badań warunki meteorologiczne wykazały znaczne zróżnicowanie (tab. 1). W okresie pomiarów emisji amoniaku po doglebowym stosowaniu gnojówki w ilości $10 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-3}$ (obiekt A), stwierdzono największą średnią temperaturę powietrza ($24,7\text{C}^\circ$), niewielką ilość opadów (5 mm) oraz największy niedosyt wilgotności powietrza (14,1 mb). W trakcie dalszych badań na tym obiekcie opady wzrosły do 45,1 mm, a średnia wartość temperatury oraz niedosytów uległa znacznemu zmniejszeniu. W trakcie czterodniowych badań emisji amoniaku oraz dwudziestu dwóch dni badań glebowych na obiekcie B po doglebowej aplikacji 20 m^3 gnojówki wartość temperatury oraz niedosytów wilgotności powietrza była mniejsza niż poprzednio. Opady w trakcie pomiarów emisji amoniaku były ponad dwukrotnie większe, a ich suma w okresie dwudziestu dwóch dni również była większa około 8 mm niż w poprzednim okresie.

Tabela 1. Zestawienie danych meteorologicznych dla okresów badań na obiektach A, B, C i D

Table 1. Meteorological data for the period of study on the objects A, B, C, D

Doświadczenie		śr. dobowy temp. powietrza (°C) (min-max)	suma opadów atmosferycznych (mm)	śr. dobowy niedosyt wilgotności powietrza (mb) (min-max)
A	Okres pomiaru emisji amoniaku	24,7 (22,9-27,6)	5,1	14,1 (8,8-20,6)
	Cały okres badań na obiekcie A	19,9 (13,9-27,6)	45,1	8,6 (3,0-20,6)
B	Okres pomiaru emisji amoniaku	19,0 (18,1-20,1)	28,0	6,8 (2,5-12,3)
	Cały okres badań na obiekcie B	17,5 (13,5-20,7)	53,6	6,3 (0,6-12,3)
C	Okres pomiaru emisji amoniaku	12,0 (11,1-13,6)	0,6	3,7 (1,6-5,2)
	Cały okres badań na obiekcie C	12,7 (8,8-16,5)	19,3	3,8 (1,0-5,6)
D	Okres pomiaru emisji amoniaku	20,8 (20,1-21,2)	34,2	4,2 (2,7-8,0)
	Cały okres badań na obiekcie D	20,0 (14,0-24,5)	69,7	6,1 (2,7-12,3)

Źródło: obliczenia własne autora

W okresie pomiarów po rozbryzgowym sposobie aplikacji gnojówki, na obu obiektach zarówno przy poziomie $10 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $20 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, średnia temperatura powietrza oraz niedosyt wilgotności powietrza były znacznie mniejsze niż po poprzednim sposobie aplikacji. Opady również wykazały znaczne zróżnicowanie. Najmniejsze opady były w trakcie badań emisji amoniaku oraz badań glebowych na obiekcie C o mniejszym poziomie nawożenia $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, a największe wśród porównywanych obiektów w obu okresach na obiekcie o podwojonej ilości aplikowanej gnojówki ($20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Na obiekcie A (tab. 2), w pierwszej dobie po zastosowaniu gnojówki, sprzyjające warunki atmosferyczne (tj. głównie wysoka temperatura oraz niedosyt wilgotności powietrza), spowodowały znaczną emisję amoniaku, wynoszącą $1,04 \text{ kg NH}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$, potwierdzając tym badania Marcinkowskiego [1998] oraz Asmana [1998]. W drugiej dobie po zastosowaniu nawozu nastąpiło znaczne zmniejszenie emisji, do $0,26 \text{ kg NH}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$. W ostatnich dwóch dobach, mimo znacznego niedosytu wilgotności powietrza, odnotowano zerową emisję amoniaku, co było spowodowane głównie niewielką dawką zastosowanej gnojówki oraz znaczną emisją w pierwszej dobie po zastosowaniu gnojówki. Łączna emisja amoniaku na tym obiekcie po doglebowym zastosowaniu gnojówki w ilości $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ wyniosła $1,30 \text{ kg NH}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$, stanowiąc 3,55% strat całkowitej dawki wprowadzonego azotu.

Tabela 2. Emisja amoniaku oraz straty azotu w jej wyniku w okresie badań na obiektach A i B

Table 2. Ammonia emission and resulted nitrogen losses during study on the objects A and B

Doba doświadczania	10 m ³ ·ha ⁻¹ A		20 m ³ ·ha ⁻¹ B	
	Emisja amoniaku kgNH ₃ ·ha ⁻¹	% straty azotu z całkowitej zastosowanej dawki w nawozie (30 kg N·ha ⁻¹ = 100%) % straty azotu z	Emisja amoniaku kg NH ₃ ·ha ⁻¹	% straty azotu z całkowitej zastosowanej dawki w nawozie (60 kg N·ha ⁻¹ = 100%)
I	1,04	2,84	0,50	0,68
II	0,26	0,71	0,00	0,00
III	0,00	0,00	0,51	0,70
IV	0,00	0,00	0,14	0,19
Σ	1,30	3,55	1,15	1,57

Źródło: obliczenia własne autora

W pierwszej dobie po aplikacji gnojówki emisja amoniaku na obiekcie B wyniosła 0,50 kg NH₃·ha⁻¹. W drugiej dobie emisja amoniaku była zerowa, spowodowana dużymi opadami deszczu. W trzeciej dobie, podobnie jak w pierwszej, emisja amoniaku wyniosła 0,51 kg NH₃·ha⁻¹. W czwartej dobie pomiarów emisja amoniaku wyniosła już zaledwie 0,14 kg NH₃·ha⁻¹. Całkowita emisja amoniaku na tym obiekcie, z doglebową aplikacją gnojówki w dawce 20 m³·ha⁻¹, wyniosła zaledwie 1,15 kg NH₃·ha⁻¹, co było uwarunkowane zarówno dużymi opadami [Marcinkowski 1998; Asman 1998] oraz - jak wskazuje Bittman i in. [2002] - doglebowym sposobem aplikacji.

Emisję amoniaku na obiekcie C (tab. 3) (o rozbryzgowym sposobie aplikacji w dawce 10 m³·h⁻¹) odnotowano jedynie w pierwszej dobie badań, a w następnych dobach ilość wyemitowanego amoniaku była śladowa i nie brano jej pod uwagę. Tak małą emisję amoniaku kształtowała zarówno niewielka dawka oraz panujące w tym okresie warunki meteorologiczne, tj. głównie dość niska temperatura powietrza oraz bardzo niskie niedosyty wilgotność powietrza, co Asman [1998] określa jako odpowiednie warunki do stosowania gnojówki metodą rozbryzgową. Całkowita emisja amoniaku na tym obiekcie wynosiła zaledwie 0,01 kg NH₃·ha⁻¹, tj. 0,02% straty azotu w zastosowanej dawce.

W pierwszej dobie po aplikacji gnojówki na obiekcie D emisja amoniaku wyniosła 2,21 kg NH₃·ha⁻¹. W drugiej dobie badań, ze względu na występujące opady, emisja była znacznie mniejsza i wyniosła już zaledwie 0,19 kg NH₃·ha⁻¹. Intensywne opady w trzeciej dobie powodowały dalszy spadek emisji, do zaledwie 0,08 kg·ha⁻¹.

Tabela 3. Emisja amoniaku oraz straty azotu w jej wyniku w okresie badań na obiektach C i D

Table 3. Ammonia emission and resulted nitrogen losses during study on the objects C and D

Doba doświadczania	10 m ³ ·ha ⁻¹ C		20 m ³ ·ha ⁻¹ D	
	Emisja amoniaku kg·ha ⁻¹ NH ₃	% straty azotu z całkowitej zastosowanej dawki w nawozie (40 kg N·ha ⁻¹ = 100%)	Emisja amoniaku kg·ha ⁻¹ NH ₃	% straty azotu z całkowitej zastosowanej dawki w nawozie (60 kg N·ha ⁻¹ = 100%)
I	0,01	0,02	2,21	3,02
II	śladowa	0,00	0,19	0,26
III	śladowa	0,00	0,08	0,11
IV	śladowa	0,00	0,15	0,21
Σ	0,01	0,02	2,63	3,59

Źródło: obliczenia własne autora

W ostatniej dobie emisja amoniaku zwiększyła się prawie dwukrotnie, wynosząc 0,15 kg·ha⁻¹. Aplikacja gnojówki tą metodą i emisja amoniaku w ciągu czterech dób po jej zastosowaniu, wynosząca 2,63 kg NH₃·ha⁻¹, świadczą, że mimo dużych opadów i niskiej wilgotności powietrza wysoka temperatura powietrza, wielkość dawki i sposób aplikacji kształtują emisję NH₃.

Zawartość azotanowej formy azotu (tab. 4), przed doglebową aplikacją gnojówki, na obu obiektach w jej górnych warstwach wynosiła powyżej 10 mg·dm⁻³, a w warstwie 10-30 cm zaledwie 1,81 mg·dm⁻³. W drugiej dobie po aplikacji gnojówki na obiekcie A, stwierdzono znaczny wzrost zawartości tej formy azotu do 19,29 mg·dm⁻³ w górnej warstwie gleby (0-5 cm). W tym okresie w warstwach gleby 5-10 oraz 10-30 cm nie stwierdzono wzrostu zawartości N-NO₃. W szóstej dobie po zastosowaniu gnojówki jego zawartość w górnej warstwie wyraźnie wzrosła. W dziewiątej dobie nastąpiło zmniejszenie jego zawartości w górnej warstwie, a wzrost w warstwie 5-10 cm w wyniku, jak wskazują Sapek [1995] i Skorbiłowicz [2006], przemieszczania w glebie. W dwudziestej drugiej dobie zawartość tej formy azotu uległa znacznemu zmniejszeniu we wszystkich warstwach gleby, lecz najbardziej w górnej. Doglebowa aplikacja gnojówki na obiekcie B spowodowała duży wzrost zawartości N-NO₃ głównie w obu górnych warstwach do ponad 23 mg·dm⁻³. Zbliżona jego zawartość utrzymywała się w szóstej dobie, a w dziewiątej w obu górnych warstwach oraz w warstwie 10-30 cm znacznie wzrosła w wyniku utleniania amoniaku do azotanów (nitrifikacji) oraz jak wskazuje Sapek [1995] i Skorbiłowicz [2006] na skutek przemieszczania się ich w glebie. W dwudziestej drugiej dobie stwierdzono zmniejszenie zawartości N-NO₃ we wszystkich warstwach, a największe o ponad 10 mg·dm⁻³ w warstwie 0-5 cm.

Tabela 4. Zawartość mineralnych form azotu w glebie po zastosowaniu gnojówki
Table 4. The content of mineral nitrogen forms in soil after liquid manure application

obiekt	warstwa gleby (cm)	średnie (X) z powtórzeń i odchylenie (SD)	Zawartość w kolejnych dobach na obiektach (mg·dm ⁻³)									
			0		2		6		9		22	
			N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
A	0-5	X	10,34	2,90	19,29	15,43	28,06	7,01	25,19	4,53	5,17	1,27
		SD	2,05	1,41	1,99	1,09	5,72	4,29	4,76	1,86	0,84	0,57
	5-10	X	17,46	2,86	15,20	4,03	16,04	4,96	22,96	4,31	11,20	2,65
		SD	7,56	1,24	4,57	1,04	7,01	2,10	3,88	0,39	4,11	1,41
	10-30	X	9,04	1,91	6,34	2,26	6,73	2,77	6,08	0,93	5,09	1,22
		SD	0,58	0,26	1,49	0,15	0,11	0,25	1,04	0,08	1,07	0,08
B	0-5	X	10,76	2,72	23,80	49,29	21,09	41,42	29,17	5,49	17,54	1,73
		SD	5,62	1,43	6,27	1,33	6,87	6,36	18,00	1,62	1,36	0,15
	5-10	X	10,93	4,52	26,20	16,07	20,83	9,63	32,13	2,49	29,25	2,45
		SD	2,82	1,23	9,71	18,10	4,50	11,74	6,20	2,31	6,89	0,34
	10-30	X	1,81	4,26	5,51	2,73	4,91	1,32	12,31	1,07	7,06	1,76
		SD	0,61	0,42	1,14	0,43	1,66	0,38	3,24	0,69	0,85	0,21
C	0-5	X	9,22	12,31	19,25	11,87	6,50	11,35	9,98	19,20	6,04	15,51
		SD	4,84	0,90	10,17	1,53	3,09	2,78	4,96	3,26	2,96	2,64
	5-10	X	6,04	1,10	10,87	1,14	4,07	0,77	6,98	0,64	4,03	0,53
		SD	1,23	0,49	4,51	0,29	0,93	0,21	1,38	0,17	0,85	0,09
	10-30	X	6,15	0,62	5,94	0,65	5,67	1,24	9,60	0,85	7,75	1,29
		SD	0,45	0,11	0,76	0,16	1,39	0,35	1,63	0,10	1,32	0,23
D	0-5	X	4,59	1,52	20,28	19,77	18,66	0,59	17,84	0,85	13,28	1,15
		SD	0,39	0,60	0,32	4,43	2,62	0,18	6,09	0,15	2,82	0,32
	5-10	X	11,18	3,31	12,28	6,06	10,78	0,86	11,50	0,69	10,04	0,39
		SD	3,34	1,14	0,50	3,32	1,13	0,46	3,78	0,28	1,63	0,09
	10-30	X	5,25	2,33	5,39	1,69	5,87	0,62	6,47	0,56	7,22	1,53
		SD	1,87	1,57	0,32	0,83	0,10	0,22	0,64	0,18	2,78	0,87

Źródło: obliczenia własne autora

Zawartości azotu azotanowego w glebie na obiektach (C i D), o rozbryzgowym sposobie jej aplikacji we wszystkich warstwach były mniejsze niż w poprzednich (A i B). W drugiej dobie po aplikacji gnojówki tą metodą nastąpił wzrost N-NO₃ o około 10 mg·dm⁻³ na obiekcie C, w górnej warstwie, a zaledwie o 4 mg·dm⁻³ w warstwie 5-10 cm. Już w szóstej dobie po aplikacji zawartość tej formy azotu w obu górnych warstwach uległa znacznemu zmniejszeniu i utrzymywała się na zbliżonym poziomie w dalszym okresie.

Podwojona dawka gnojówki, na obiekcie D, spowodowała znacznie większy wzrost zawartości azotu azotanowego w glebie, głównie w jej górnej war-

stwie w drugiej dobie (o około $15 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W szóstej oraz dziewiątej dobie stwierdzono utrzymywanie się tej formy azotu na zbliżonym poziomie, a następnie wyraźne jej zmniejszenie. Niewielka zawartość i nieznaczne zmiany tej formy azotu (na obiektach C i D) w warstwie 10-30 cm świadczą, że aplikacja gnojówki tą metodą nie powodowała przemieszczenia się azotu azotanowego.

Zawartość amonowej formy azotu (N-NH_4) w glebie, na obiekcie o doglebowej aplikacji gnojówki w ilości $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, znacznie wzrosła w drugiej dobie głównie w warstwie 0-5 cm, wykazując wyraźne jej zmniejszenie w następujących okresach. Podwójna dawka gnojówki aplikowana na obiekcie B doglebowo spowodowała bardzo duży wzrost tej formy azotu w drugiej dobie, nie tylko w górnej warstwie, lecz również poniżej, na skutek postępującego wymywania [Sapek 1995], wykazując jej zmniejszanie w kolejnych dobach w wyniku postępującego procesu nitryfikacji.

Rozbryzgowy sposób aplikacji gnojówki na obiekcie C nie spowodował w glebie zmian zawartości amonowej formy azotu. Podwójna dawka gnojówki na obiekcie D spowodowała znaczny wzrost tej formy azotu w drugiej dobie w obu górnych warstwach gleby. Zawartość azotu amonowego w tych warstwach w szóstej dobie uległa znacznemu zmniejszeniu, utrzymując się na zbliżonym poziomie w dalszym okresie.

Wnioski

1. Emisja amoniaku, zarówno w doglebowym, jak i rozbryzgowym sposobie aplikacji gnojówki, wskazuje, że nie tylko doglebowy sposób ogranicza jego emisję, ale również ważną funkcję w ograniczeniu pełnią warunki meteorologiczne w wyniku rosnących opadów, zmniejszających się niedosytów wilgotności oraz temperatury.
2. Stosowanie gnojówki w dawce $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ obiema metodami okazało się w pełni bezpieczne dla środowiska zarówno ze względu na emisję amoniaku, jak i zawartość mineralnych form azotu w glebie, podwojona jej dawka powodowała przemieszczanie się azotu, w większym stopniu w doglebowej metodzie aplikacji.
3. Amonowa forma azotu utrzymywała się do szóstej doby po aplikacji, azotanowa w pierwszym jej poziomie do dziewiątej, a na drugim poziomie do dwudziestej drugiej doby.

Bibliografia

- Asmam W.A. 1998. Ammonia emission research: from emission factors to process descriptions. Eurotrack Newsletters, 20, s. 2-10
- Bittman S., Kowalenko G., Patni N., van Vliet L. 2002. Field application of liquid manure: perennial forages. 6th DISCOVER Conference on Food Animal Agriculture. www.adsa.org/discover/interpretative_summaries_from_th.htm

Marcinkowski T. 1998. Emisja amoniaku z produkcji rolniczej. Zesz. Edukac., 5. Wydaw. IMUZ, Falenty, s. 27-40

Sapek B. 1995. Wymywanie azotanów oraz zakwaszanie gleby i wód gruntowych w aspekcie działalności rolniczej. Mat. inf. IMUZ, s. 6-19

Skorbiłowicz M. 2006. Azotany w wodach cieków i strumieni na obszarze rolniczej zlewni rzeki górnej Narwii. W: Azotany w ekosystemach rolniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., Z. 513, s. 389-396