

APOLONIA OSTROWSKA

AKUMULACJA AZOTU W GLEBIE RDZAWEJ BIELICOWANEJ POD DRZEWOSTANEM SOSNOWYM NAWOŻONYM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Zakład Gleboznawstwa i Nawożenia Instytutu Badawczego Leśnictwa,
Warszawa-Sękocin

Kierownik Zakładu — doc. dr hab. A. Kowalkowski

WSTĘP

Nawożenie mineralne lasów ma na celu zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe oraz podniesienie ogólnej zasobności środowiska leśnego.

Współistnienie kilku warstw roślinności runa, podszytu i drzewostanu oraz ich wzajemna konkurencja w pobieraniu składników pokarmowych z gleby stanowi o specyfice środowiska leśnego zarówno pod względem możliwości zastosowania różnych sposobów nawożenia, jak również wykorzystania składników pokarmowych z nawozów. Dlatego metody nawożenia przyjęte w rolnictwie, jak np. stosowanie lokalne pod korzenie, przykrywanie nawozu warstwą gleby itp., w praktyce nawożenia lasów nie mają większego znaczenia.

Badania nad nawożeniem lasów idą w kierunku opracowania nowych technologii nawożenia zapewniających najbardziej ekonomiczny wysiew nawozów i ich najwyższą efektywność. Ostatnio najwięcej uwagi poświęca się lotniczej technice wysiewu nawozów. Budzi ona jednak szereg wątpliwości co do prawidłowości zaopatrzenia korzeni roślin w składniki pokarmowe oraz strat składników ułatwiających się z nawozu wysianego tym sposobem na powierzchnię dna lasu [3, 4].

Nawozy wysiewane przy zastosowaniu techniki lotniczej z reguły opadają na powierzchnię dna lasu. W związku z tym postanowiono zbadać, w jakim stopniu z wysianego z samolotu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ azot w nim zawarty przemieszcza się do strefy korzeniowej roślin.

MATERIAŁY I METODYKA

Badania przeprowadzono na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Sława Śląska w około trzydziestoletnim drzewostanie sosnowym w siedlisku boru świeżego. Na powierzchni dominują gleby rdzawe bielcowane o składzie mechanicznym w górnych poziomach genetycznych *Ap*, *AE*, *IBv*, *Bv*, *BvC* piasków luźnych i słabo gliniastych, przewarstwionych na niższych głębokościach smugami piasków gliniastych i glin spiazczonych. Gleby te są silnie zakwaszone w poziomach *FH*, *Ap* i *AE* w których pH_{KCl} waha się w granicach 2,9–3,9. Stosunek C : N, wynoszący około 25 : 1, świadczy o słabym stopniu rozkładu substancji organicznej.

Doświadczenie założono w 1972 r. metodą zrandomizowanych bloków kompletnych w trzech powtórzeniach, przy wielkości poletek 2 ha. Obszerną charakterystykę gleb powierzchni doświadczalnej oraz opis warunków doświadczenia podano we wcześniejszej pracy [5].

Siarczan amonu rozsiewano z samolotu typu AN w dawkach 40, 80, 160, 320 i 640 kg $(NH_4)_2SO_4$ na hektar na rok: jednorazowo w terminach wiosennym, letnim, jesiennym lub zimowym albo tę samą ilość nawozu dwukrotnie w ciągu roku w terminie wiosennym i letnim, albo tę samą ilość nawozów czterokrotnie w ciągu roku w czterech wymienionych terminach. W rezultacie uzyskano zróżnicowanie dawek siarczanu amonu od 40 do 2560 kg/ha na rok. Wysiew nawozów we wszystkich kombinacjach powtórzono dwukrotnie w ciągu dwu lat, tj. w roku 1972 i 1973.

Zawartość mineralnych form azotu w glebie z uwagi na ich dynamikę sezonową badano w tym samym okresie, tj. przed rozpoczęciem nawożenia w marcu 1972 r., po pierwszym cyklu nawożenia w marcu 1973 r. i po drugim cyklu nawożenia w marcu 1974 r. Następce działanie siarczanu amonu badano w lecie i jesieni 1974 r.

Próbki gleby do analiz pobierano metodą mikromonolitów z poziomów *FH*, *AE* i *Bv*, przygotowując następnie z 10–15 próbek pojedynczych średnią próbkę mieszaną dla poszczególnego poziomu genetycznego.

Azot w formie NH_4 i NO_3 oznaczano w świeżym materiale glebowym w wyciągu 0,03n kwasu octowego przy stosunku gleby do roztworu jak 1 : 10 według metody Bremnera (destylacja z parą wodną do kwasu borowego).

W jesieni 1974 r. próbki gleby (powietrznie suchy materiał) dodatkowo analizowano na zawartość azotu ogółem, który oznaczano metodą Kjeldahla.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie i przedstawiono w postaci równań regresji (metodą analizy wariancji z uwzględnieniem efektów krzywoliniowych) oraz wybranych charakterystyk badanych zmiennych $N-NH_4$, $N-NO_3$ i N ogółem.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

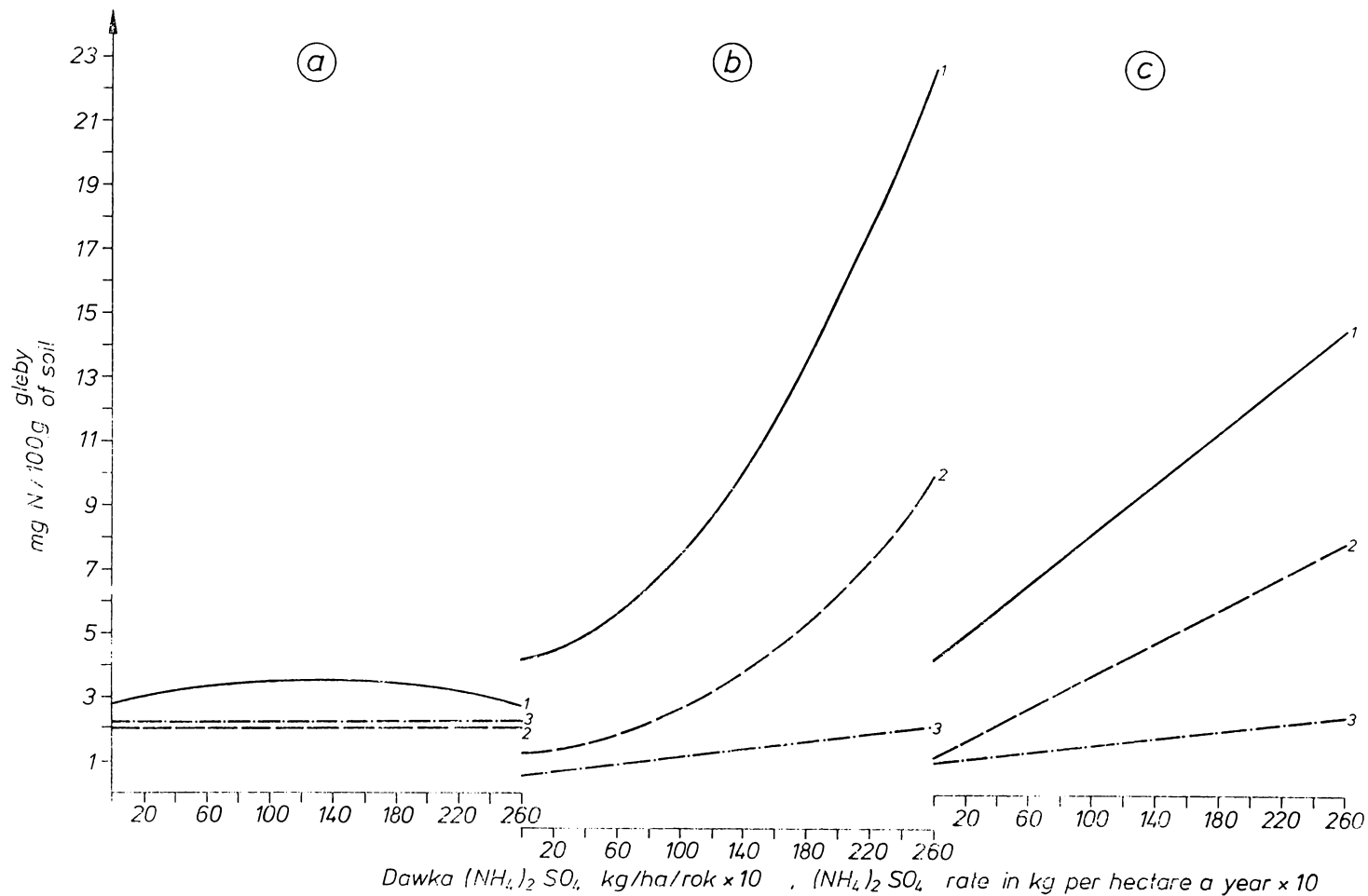
Zastosowane nawożenie w ilości od 8 do 512 kg N na ha po pierwszym roku wysiewu istotnie podwyższało ilość azotu mineralnego w glebie (rys. 1). Zawartość azotu amonowego na powierzchni doświadczalnej przed nawożeniem była na ogół wyrównana. W poziomie *FH* charakteryzowało ją równanie drugiego stopnia z niewielkimi współczynnikami: dodatnim dla X i ujemnym dla X^2 , co na krzywej uwidacznia się niewielkim podwyższeniem zawartości N- NH_4 (około 0,5 mg N na 100 kg gleby, w stosunku do wartości wyjściowej 2,99 mg) na poletkach projektowanych do nawożenia dawkami 600–2000 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ na ha. Zawartość N- NH_4 w poziomach *A* i *Bv* charakteryzowały równania stopnia zerowego na poziomie odpowiednio 2,0 i 2,1 mg N na 100 g gleby.

Po pierwszym roku nawożenia wiosną 1973 r. zawartość N- NH_4 w poziomie *FH* określało równanie drugiego stopnia z wartością wyjściową 4,19 i dodatnimi współczynnikami dla X i X^2 . Wraz ze wzrostem dawki siarczanu amonu wzrastała zawartość azotu amonowego osiągając przy dawce 512 kg N na ha wartość 22 mg N na 100 g gleby. Równolegle w poziomie *AE* zawartość tej formy azotu wzrastała z początkowych 1,37 mg do 9 mg. W poziomie *Bv* dla badanego zakresu dawek przyrost wynosił około 1 mg.

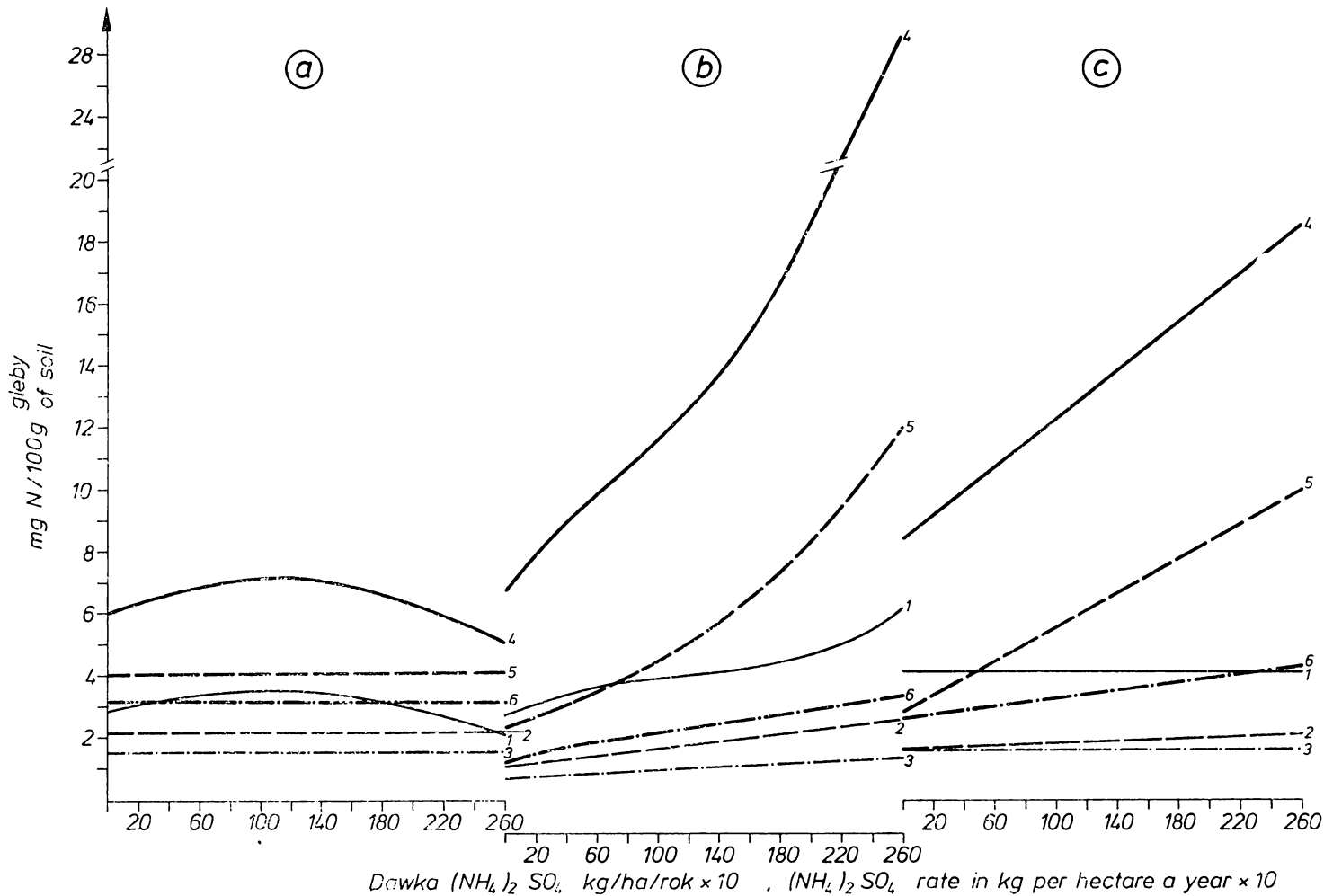
Po dwuletnim okresie nawożenia zawartość azotu amonowego we wszystkich badanych poziomach genetycznych charakteryzowały równania pierwszego stopnia z dodatnim współczynnikiem dla X , malejącym od poziomu *FH* w kierunku poziomu *Bv*. Przyrost N- NH_4 dla badanego zakresu dawek wynosił w poziomie *FH* około 10 mg, w poziomie *AE* około 6,5 mg i w poziomie *Bv* około 1 mg.

Zawartość azotanów w glebie (rys. 2) przed nawożeniem w poziomie *AE* i *Bv* charakteryzują równania stopnia zerowego na poziomie odpowiednio 2,13 i 1,53 mg N. W poziomie *FH* podobnie jak w przypadku formy amonowej zawartość N- NO_3 określa równanie drugiego stopnia z dodatnim współczynnikiem dla X i ujemnym dla X^2 . Nawożenie siarczanem amonu po pierwszym roku stosowania wpłynęło dodatnio na zawartość azotanów w badanych poziomach genetycznych. Wzrost ten jednak był niewielki i dla pełnego zakresu dawek w poziomie *FH* wynosił około 3 mg N, w poziomie *AE* około 1,5 mg i w poziomie *Bv* około 0,5 mg N na 100 g gleby.

Po dwu latach stosowania siarczanu amonu wpływ dawki azotu na zawartość azotanów zaznaczył się tylko niewielkim przyrostem w poziomie *AE* (równanie pierwszego stopnia ze współczynnikiem dla X wynoszącym +0,002). W pozostałych poziomach zawartość N- NO_3 charakteryzują równania stopnia zerowego. W okresie wprowadzania siarczanu amonu do środowiska największe zawartości azotu mineralnego w mg N na 100 g gleby stwierdzono w poziomie *FH*, niższe w *AE* i najniższe



Rys. 1



Rys. 2

Rys. 1. Wpływ siarczanu amonu na zawartość $N-NH_4$ w poziomach genetycznych FH , AE i Bv gleby rdzawej bielcowanej pod drzewostanem sosnowym

- a — stan wyjściowy przed nawożeniem — wiosna 1972: 1 — FH , $y=2,98+0,0096x-0,00004x^2$, 2 — AE , $y=2,02$, 3 — Bv , $y=2,13$
 b — po pierwszym roku nawożenia — wiosna 1973: 1 — FH , $y=4,19+0,011x-0,0002x^2$, 2 — AE , $y=1,37+0,00044x+0,00012x^2$, 3 — Bv , $y=0,67+0,0054x$
 c — po dwu latach nawożenia — wiosna 1974: 1 — FH , $y=4,21+0,039x$, 2 — AE , $y=1,21+0,025x$, 3 — Bv , $y=1,06+0,0054x$

Ammonium sulphate effect on the NH_4 content in genetic horizons of FH , AE and Bv of podzolized rusty soil under a pine stand

- a — initial state before fertilization — spring 1972, b — after the first year of fertilization — spring 1973, c — after two years of fertilization — spring 1974; 1, 2, 3 — as in Polish

Rys. 2. Wpływ siarczanu amonu na zawartość $N-NO_3$ i $N-NO_3+N-NH_4$ w poziomach genetycznych FH , AE i Bv gleby rdzawej bielcowanej pod drzewostanem sosnowym

- a — stan wyjściowy przed nawożeniem — wiosna 1972; $N-NO_3$: 1 — FH , $y=2,98+0,011x-0,00006x^2$, 2 — AE , $y=2,13$, 3 — Bv , $y=1,53$; $N-NO_3+N-NH_4$: 4 — FH , $y=5,97+0,021x-0,00009x^2$, 5 — AE , $y=4,15$, 6 — Bv , $y=3,14$
 b — pierwszym roku nawożenia — wiosna 1973; $N-NO_3$: 1 — FH , $y=2,75+0,027x-0,0002x^2+0,0000006x^3$, 2 — AE , $y=1,09+0,0059x$, 3 — Bv , $y=0,65+0,0025x$; $N-NO_3+N-NH_4$: 4 — FH , $y=6,62+0,073x-0,0004x^2+0,000002x^3$, 5 — AE , $y=2,40+0,0092x+0,0001x^2$, 6 — Bv , $y=1,32+0,0078x$
 c — po dwu latach nawożenia — wiosna 1974; $N-NO_3$: 1 — FH , $y=4,11$, 2 — AE , $y=1,59+0,002x$, 3 — Bv , $y=1,59$; $N-NO_3+N-NH_4$: 4 — FH , $y=8,33+0,039x$, 5 — AE , $y=2,80+0,027x$, 6 — Bv , $y=2,59+0,0064x$

Ammonium sulphate effect on the $N-NO_3$ and $N-NO_3+N-NH_4$ content in genetic horizons of FH , AE and Bv of podzolized rusty soil under a pine stand

- a — initial state before fertilization — spring 1972, b — after the first year of fertilization — spring 1973, c — after two years of fertilization — spring 1974; 1, 2, ... 6 — as in Polish

w *Bv*. Dominującą formą azotu akumulowaną w wyniku nawożenia we wszystkich badanych poziomach genetycznych jest azot amonowy (rys. 1, 2). Po zakończeniu nawożenia następcze działanie dawek od 16 do 1024 kg N na ha na zawartość azotu w glebie określono w lecie (lipiec) i w jesieni (październik) 1974 r. W pierwszym przypadku oznaczono zawartość N-NH₄ i N-NO₃ w poziomach genetycznych *FH*, *AE* i *Bv*, w okresie jesiennym zaś oprócz wymienionych form azotu mineralnego również zawartość azotu ogółem. W obu badanych terminach stwierdzono dodatnie działanie zastosowanych dawek siarczanu amonu na zawartość azotu amonowego w glebie.

W poziomie *FH* przyrost N-NH₄ dla pełnego zakresu dawek wynosił w okresie letnim około 4 mg, a w jesiennym około 7 mg. W poziomie *AE* wynosił on odpowiednio około 5 i 4 mg, a w *Bv* w obu terminach kształtował się na poziomie 1 mg (rys. 1).

Porównując w poszczególnych poziomach genetycznych rozmieszczenie zawartości azotu amonowego w okresie nawożenia i po jego zakończeniu (rys. 1 i 3) widzimy wyraźne przemieszczanie się tej formy azotu z poziomu *FH* do poziomu *AE*. Po zakończeniu nawożenia w obu badanych terminach w poziomie *AE* i *Bv* zawartość N-NH₄ charakteryzują równania drugiego stopnia z ujemnym współczynnikiem dla *X* i dodatnim dla *X*², co na krzywej uwidacznia się znacznym przyrostem tylko w zakresie wysokich dawek. Następcze działanie siarczanu amonu na zawartość azotanów w glebie jest niewielkie, podobnie jak w przypadku N-NH₄ ma miejsce szybszy przyrost wraz ze wzrostem dawki w poziomach *AE* i *Bv* niż w poziomie *FH*.

Zawartość azotu ogółem w glebie, oznaczona po około półrocznym okresie od zakończenia wysiewu siarczanu amonu, była istotnie zależna od wysokości dawki nawożenia (rys. 3). W poziomie *FH* zawartość N ogółem wzrastała na najwyższej dawce siarczanu amonu z wartości wyjściowej 1,04 do 1,36%, co stanowi przyrost dla pełnego zakresu dawek 320 mg N na 100 g gleby. W poziomie *AE* przyrost ten jest znacznie niższy i wynosi 20 mg N na 100 g gleby. W mineralnym poziomie *Bv* siarczan amonu w zastosowanych dawkach nie wpływał na ogólną zawartość azotu.

Charakterystyki cech badanych zmiennych N-NH₄, N-NO₃ i N ogółem w poziomach genetycznych *FH*, *AE* i *Bv* obliczono we wszystkich badanych terminach dla następujących grup obserwacji: w kombinacji nie nawożonej, we wszystkich kombinacjach nawożonych, w kombinacjach nawożonych dawkami od 40 do 320 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ i w kombinacjach nawożonych dawkami od 640 do 2560 kg siarczanu amonu na ha na rok (tab. 1).

W środowisku nie zakłóconym oddziaływaniem nawożenia współczynniki zmienności dla badanych testów pomiarowych wahały się w stosunkowo szerokich granicach w zależności od terminu pobierania próbek.

Wybrane cechy charakterystyk badanych zmiennych -

Terminy badań Observation dates	Poziom genetyczny Genetic horizon	Zmienna Variables	Kombinacje nie nawożone Treatments without fertilization				Kombinacje nawożone ogółem Treatments of fertilization, total			
			liczba obserwacji number of observations	- I	S _x	współczynnik zmienności % variability coefficient, %	liczba obserwacji number of observations	- I	S _x	współczynnik zmienności % variability coefficient, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wiosna 1972 Spring 1972	FH	N-NH ₄	104	3,15	0,13	43,1	-	-	-	-
		N-NO ₃	103	2,99	0,27	92,9	-	-	-	-
		N-NH ₄	103	6,18	0,34	57,4	-	-	-	-
		N-NO ₃								
	AE	N-NH ₄	106	1,78	0,09	56,2	-	-	-	-
		N-NO ₃	104	1,89	0,21	115,4	-	-	-	-
		N-NH ₄	105	3,66	0,26	73,8	-	-	-	-
	N-NO ₃									
	Bv	N-NH ₄	106	1,45	0,08	58,3	-	-	-	-
N-NO ₃		105	0,94	0,12	141,7	-	-	-	-	
N-NH ₄		106	1,72	0,17	71,4	-	-	-	-	
N-NO ₃										
Wiosna 1973 Spring 1973	FH	N-NH ₄	18	4,83	0,68	60,3	88	4,54	0,48	75,3
		N-NO ₃	18	2,97	0,29	41,2	88	3,40	0,17	46,5
		N-NH ₄	18	7,81	0,89	48,7	83	5,73	0,61	60,7
		N-NO ₃								
	AE	N-NH ₄	18	1,27	0,16	53,8	89	2,14	0,20	90,8
		N-NO ₃	13	1,00	0,09	37,3	89	1,35	0,07	51,7
		N-NH ₄	18	2,28	0,24	44,8	89	3,49	0,26	70,9
		N-NO ₃								
	Bv	N-NH ₄	18	0,65	0,08	56,7	90	0,90	0,05	58,2
		N-NO ₃	18	0,64	0,06	39,7	90	0,81	0,05	57,6
		N-NH ₄	18	1,29	0,14	45,7	90	1,71	0,10	55,6
		N-NO ₃								
Wiosna 1974 Spring 1974	FH	N-NH ₄	17	2,14	0,27	51,6	87	7,27	1,09	140,4
		N-NO ₃	15	3,33	0,21	24,8	84	4,26	0,21	44,5
		N-NH ₄	15	5,58	0,36	25,2	84	11,71	1,22	95,6
		N-NO ₃								

Tabela 1

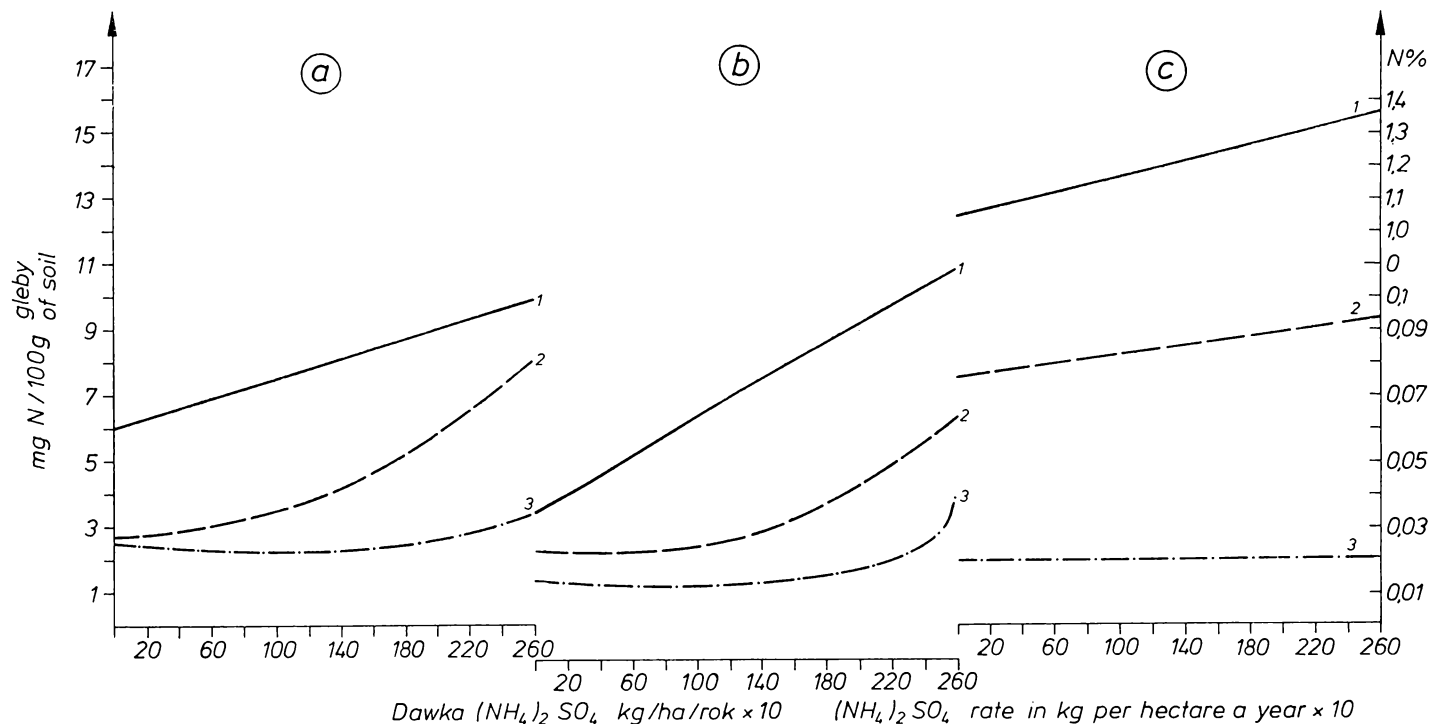
- Selected features of characteristics of the variables investigated

Kombinacje nawożone dawkami: 40,80,160,320 kg /NH ₄ / ₂ SO ₄ na 1 ha w ciągu roku Treatments of fertilization with the rates of 40, 80, 160 and 320 kg /NH ₄ / ₂ SO ₄ per hectare a year				Kombinacje nawożone dawkami: 640,1280 i 2560 kg /NH ₄ / ₂ SO ₄ na 1 ha w ciągu roku Treatments of fertilization with the rates of 640, 1280 and 2560 kg /NH ₄ / ₂ SO ₄ per hectare a year			
liczba obserwacji number of observations	- X	S _x	współczynnik zmienności % variability coefficient	liczba obserwacji number of observations	- X	S _x	współczynnik zmienności % variability coefficient
12	13	14	15	16	17	18	19
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
62	4,88	0,36	58,9	26	8,76	1,24	72,6
62	3,02	0,16	43,9	26	4,32	0,35	41,3
62	7,90	0,49	49,2	26	13,08	1,49	58,1
62	1,52	0,12	62,2	27	3,55	0,53	78,1
62	1,15	0,06	45,0	27	1,81	0,16	46,7
62	2,68	0,17	51,3	27	5,37	0,64	62,2
63	0,78	0,06	62,3	25	1,18	0,09	43,24
63	0,74	0,06	63,4	27	0,97	0,08	42,4
63	1,53	0,12	61,7	27	2,15	0,16	39,2
44	5,72	0,90	104,8	43	8,84	1,99	147,9
43	4,43	0,34	50,6	41	4,01	0,23	35,8
43	10,16	1,18	76,2	41	13,33	2,16	103,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wiosna 1974 Spring 1974	AE	N-NH ₄	15	1,50	0,35	90,4	83	2,27	0,23	91,1
		N-NO ₃	17	1,61	0,16	43,0	84	1,54	0,09	51,0
		N-NH ₄ N-NO ₃	15	3,74	0,47	58,6	82	3,85	0,28	66,9
	Bv	N-NH ₄	15	0,94	0,16	68,4	83	1,18	0,09	70,3
		N-NO ₃	17	1,45	0,17	48,6	86	1,63	0,07	40,0
		N-NH ₄ N-NO ₃	15	2,34	0,33	54,3	82	2,82	0,13	43,1
Lato 1974 Summer 1974	FH	N-NH ₄	17	6,15	0,35	24,1	86	6,60	0,26	36,2
		N-NO ₃	17	4,89	0,28	23,7	85	4,81	0,17	33,4
		N-NH ₄ N-NO ₃	17	11,05	0,50	18,8	85	11,47	0,36	29,2
	AE	N-NH ₄	18	2,85	0,24	35,8	88	3,16	0,16	43,3
		N-NO ₃	18	2,19	0,19	37,9	88	2,24	0,11	45,4
		N-NH ₄ N-NO ₃	19	5,07	0,35	29,7	87	5,42	0,23	39,7
	Bv	N-NH ₄	17	2,21	0,18	34,7	88	2,40	0,08	30,4
		N-NO ₃	17	2,00	0,16	33,4	87	1,87	0,07	35,8
		N-NH ₄ N-NO ₃	17	4,23	0,28	27,4	87	4,34	0,14	29,6
Jesień 1974 Autumn 1974	FH	N-NH ₄	17	3,91	0,42	44,1	87	4,86	0,42	79,8
		N-NO ₃	17	2,39	0,27	38,2	88	2,99	0,16	49,7
		N-NH ₄ N-NO ₃	17	6,79	0,64	38,7	87	7,84	0,50	59,9
			N ogółem	-	-	-	-	-	-	-
	AE	N-NH ₄	17	2,16	0,17	33,2	86	2,42	0,14	53,7
		N-NO ₃	17	1,88	0,16	35,6	86	1,97	0,12	55,7
		N-NH ₄ N-NO ₃	17	4,04	0,31	32,3	86	2,30	0,25	52,4
			N ogółem	-	-	-	-	-	-	-
	Bv	N-NH ₄	18	2,38	0,23	44,2	89	2,28	0,11	45,4
N-NO ₃		18	1,78	0,20	48,3	89	1,94	0,11	54,1	
N-NH ₄ N-NO ₃		18	3,95	0,42	45,2	89	4,21	0,20	43,6	
		N ogółem	-	-	-	-	-	-	-	
		N total	-	-	-	-	-	-	-	
\bar{X} - N-NH ₄ } - mg/100 g gleby - mg/100 g of soil N-NO ₃ } N ogółem w procentach - N total in per cent										

cd. tabeli 1

12	13	14	15	16	17	18	19
43	1,63	0,20	82,7	40	2,94	0,39	84,2
44	1,53	0,13	58,1	40	1,55	0,10	42,8
43	3,23	0,31	62,7	39	4,52	0,67	65,0
44	1,01	0,10	65,8	40	1,36	0,15	69,9
41	1,64	0,10	41,2	42	1,61	0,09	39,9
42	2,69	0,18	44,2	40	2,96	0,20	42,0
43	6,03	0,29	31,9	43	7,17	0,40	37,4
42	4,45	0,20	30,5	43	5,16	0,27	34,1
42	10,56	0,42	26,1	42	12,34	0,56	29,6
44	2,83	0,20	48,2	44	3,49	0,25	48,2
44	2,03	0,12	40,2	44	2,45	0,17	47,3
43	4,87	0,27	35,3	44	5,97	0,36	39,8
45	2,40	0,12	34,5	43	2,40	0,09	25,9
45	1,84	0,08	30,5	42	1,90	0,12	40,7
45	4,25	0,16	25,5	42	4,44	0,23	33,2
43	4,25	0,29	45,8	44	5,45	0,76	92,8
44	3,02	0,27	58,4	44	2,97	0,18	39,3
43	7,23	0,53	47,9	44	8,42	0,84	66,8
-	-	-	-	42	1,07	0,026	15,6
43	2,27	0,17	49,66	43	2,58	0,22	56,5
43	1,97	0,18	61,6	43	1,97	0,15	50,0
43	4,23	0,35	54,2	43	4,55	0,35	51,0
-	-	-	-	42	0,068	0,003	26,9
44	2,21	0,16	48,4	45	2,34	0,15	42,9
44	1,90	0,17	60,9	45	1,97	0,14	47,7
44	4,12	0,28	44,9	45	4,30	0,27	42,7
-	-	-	-	42	0,020	0,0005	16,7
S_x - błąd standardowy średniej - standard error of mean							



Rys. 3. Efekt następczy siarczanu amonu na zawartość N-NH₄ i N ogółem w poziomach genetycznych FH, AE i Bv gleby rdzawej bielcowanej pod drzewostanem sosnowym

- a — efekt następczy lato 1974; N-NH₄: 1 — FH, $y=6,16+0,013x$, 2 — AE, $y=2,73-0,00006x+0,00008x^2$, 3 — Bv $y=2,44-0,006x+0,00003x^2$
 b — efekt następczy — jesień — 1974; N-NH₄ 1 — FH, $y=3,45+0,0282x$, 2 — AE, $y=2,33-0,0087x+0,00009x^2$, 3 — Bv, $y=2,26-0,0037+0,00003x^2$
 c — efekt następczy — jesień 1974; N ogółem: 1 — FH, $y=1,04+0,0013x$, 2 — AE, $y=0,075+0,000075x$, 3 — Bv, $y=0,020$

Residual effect of ammonium sulphate on the N-NH₄ and total N content in genetic horizons of FH, AE and Bv of podzolized rusty soil under a pine stand

a — residual effect — summer 1974, b — residual effect — autumn 1974, c — total N, residual effect — autumn 1974; 1, 2, 3 — as in Polish

W terminach wiosennych współczynnik zmienności dla N- NH_4 we wszystkich badanych poziomach genetycznych znajdował się w granicach od 43 do 90⁰/o; w okresie letnim obniżał się do około 24–36⁰/o, a w okresie jesieni wynosił 33–44⁰/o. Podobnie układały się zakresy współczynnika zmienności dla formy azotanowej: najszersze w okresie wiosennym (od około 25 do 140⁰/o) zawężyły się w okresie letnim do około 23–33⁰/o, a w okresie jesieni do około 35–48⁰/o.

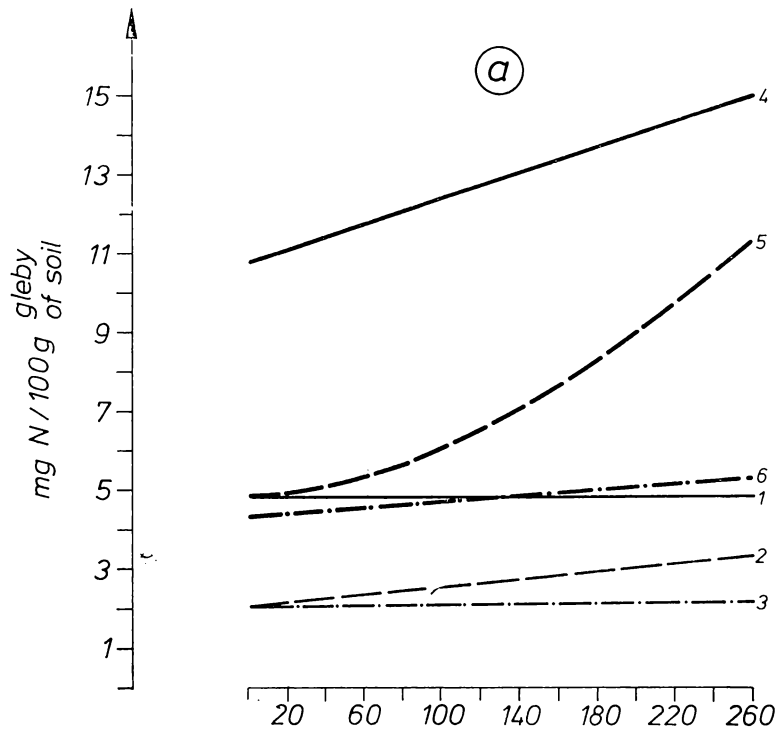
Nawożenie siarczanem amonu podnosi współczynnik zmienności głównie dla azotu amonowego, który przy wysokich dawkach nawożenia waha się w badanych poziomach genetycznych od około 70 do 150⁰/o w terminach wiosennych, w około 26–48⁰/o w okresie letnim i w około 43–93⁰/o w jesieni. Współczynnik zmienności dla azotu azotanowego wynosił odpowiednio: około 36–47⁰/o, 34–47⁰/o i 39–50⁰/o. W kombinacji odpowiadającej grupie niskich dawek nawożenia zakres wahań współczynników zmienności, szczególnie dla formy amonowej, był bardziej zawężony i w badanych poziomach genetycznych we wszystkich terminach mieścił się w granicach około 32–105⁰/o. Współczynnik zmienności dla zawartości azotu ogółem w poziomach *FH*, *AE* i *Bv* obliczony dla grupy kombinacji nawożonych wysokimi dawkami wynosił odpowiednio 15,6, 26,9 i 16,7⁰/o.

DYSKUSJA

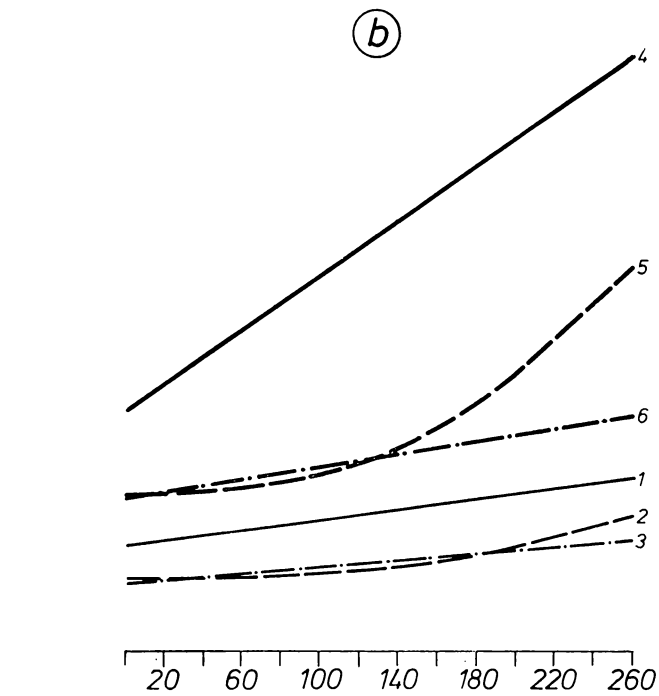
Azot mineralny w glebie jest najbardziej labilną formą tego składnika. Szybkość przemian związków azotu w środowisku glebowym determinują między innymi jej temperatura, wilgotność, kwasowość, które wpływają zarówno na aktywność biologiczną, jak również na procesy chemiczne i fizykochemiczne zachodzące w glebie. Niejednorodność leśnego środowiska glebowego pod względem wymienionych czynników powoduje, że tempo przemian azotu w glebie jest różne nie tylko w czasie (w zależności od okresu wegetacji), ale również w przestrzeni. Wyrazem tego są wysokie współczynniki zmienności uzyskane zarówno dla formy amonowej, jak i azotanowej w poszczególnych okresach sezonu wegetacyjnego. Natomiast współczynnik zmienności dla zawartości azotu ogółem w glebie, uzyskany w przeprowadzonym doświadczeniu na poziomie około 15–26⁰/o (w poszczególnych poziomach genetycznych), jest stosunkowo niski. Ulrich [7] podaje, że dla N ogółem różnice między równoległymi próbkami mogą przekraczać 60⁰/o.

Zawartość mineralnych form azotu w glebie mimo wysokich współczynników zmienności stanowi jeden z testów pomiarowych dla określenia zaopatrzenia roślin w azot.

Przeprowadzone badania wykazały jednoznacznie (rys. 1–4) wpływ wysokości dawki na zawartość azotu mineralnego w glebie, zwłaszcza azotu amonowego. Wzrost zawartości azotanów w wyniku zastosowania dawek nawożenia od 16 do 1024 kg N na ha był niewielki i wynosił



$Dawka\ (NH_4)_2\ SO_4\ kg/ha/rok \times 10$



$(NH_4)_2\ SO_4\ rate\ in\ kg\ per\ hectare\ a\ year \times 10$

w zależności od dawki i terminu pomiaru około 1–3 mg N na 100 g gleby. Ma to istotne znaczenie z punktu widzenia możliwości strat azotu przez wymywanie do wód gruntowych ruchliwego jonu NO_3 [1, 2], a następnie jego toksycznego oddziaływania na organizmy zwierzęce. Uzyskane przez nas wyniki potwierdzają dane literatury [6] o niskiej intensywności procesu nitrifikacji w kwaśnych glebach leśnych.

Zawartość azotu w glebie (mg/100 g) jest najwyższa w poziomie *FH*, znacznie niższa w poziomie *AE* i najniższa w poziomie *Bv*. Przyrost w wyniku nawożenia układa się w tej samej kolejności. Po pierwszym roku nawożenia przy najwyższej dawce siarczanu amonu zawartość N- NH_4 w poziomie *FH* wynosi 22 mg, w poziomie *AF* — 9 mg i w poziomie *Bv* — 2 mg. Po dwu latach nawożenia siarczanem amonu ilości te wynoszą odpowiednio 14, 8 i 2 mg, a po prawie półrocznym okresie od zakończenia nawożenia maleją one do 10,6 i 3 mg. Po zakończeniu wprowadzania siarczanu amonu bezpośrednio do poziomu *FH* różnice w akumulacji azotu w tym poziomie — w stosunku do niżej leżących poziomów *AE* i *Bv* — znacznie maleją, co świadczy o przemieszczaniu się mineralnych form azotu z *FH* do *AE* i *Bv* oraz głębiej. Równoległe w wyniku nawożenia mineralnego zwiększa się zawartość azotu ogółem w glebie, szczególnie w poziomie *FH*.

Rozmieszczenie azotu, a szczególnie jego form mineralnych w wierzchnich poziomach *FH*, *AE* i *Bv* gleby, w których rozwija się główna masa korzeni drzew (w przeprowadzonym doświadczeniu w poziomie *AE*¹) ma istotne znaczenie przy określaniu zasobności gleb leśnych w azot dla celów diagnostycznych. Udział bowiem poszczególnych poziomów w ogólnym zapasie azotu przeliczonym na powierzchnię gleby zależy od ich miąższości oraz ciężaru objętościowego. W przeprowadzonym doświadczeniu zapas azotu mineralnego ogółem obliczony w jesieni 1974 r. wynosił w poziomie *FH* przy miąższości średniej 5 cm i ciężarze obję-

Rys. 4. Efekt następczy siarczanu amonu na zawartość N- NO_3 i $\Sigma \text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$ w poziomach genetycznych *FH*, *AE* i *Bv* gleby rdzawej bielcowanej pod drzewostanem sosnowym

a — efekt następczy — lato 1974; N- NO_3 : 1 — *FH*, $y=4,82$, *AE*, $y=2,10+0,0051x$, 3 — *Bv*, $y=2,13$; N- $\text{NO}_3 + \text{N-NH}_4$: 4 — *FH*, $y=10,85+0,016x$, 5 — *AE*, $y=4,89+0,0019x+0,00009x^2$ 6 — *Bv*, $y=4,33+0,0039x$

b — efekt następczy — jesień 1974; N- NO_3 : 1 — *FH*, $y=2,72+0,0062x$, 2 — *AE*, $y=1,86-0,0022x+0,00003x^2$, *Bv*, $y=1,79+0,0037x$; N- $\text{NO}_3 + \text{N-NH}_4$: 4 — *FH*, $y=6,16+0,34x$, 5 — *AE*, $y=4,029-0,012x^2+0,00012x^2$, 6 — *Bv*, $y=3,90+0,0077x$

Residual effect of ammonium sulphate on the N- NO_3 and N- $\text{NO}_3 + \text{N-NH}_4$ content in genetic horizons of *FH*, *AE* and *Bv* of podzolized rusty soil under a pine stand

a — residual effect — summer 1974, *b* — residual effect — autumn 1974; 1, 2, ..., 6 — as in Polish

¹ Badania P. Szczęsnego.

tościowym równym 0,11 — około 3 kg N, a przy najwyższej dawce siarczanu amonu — około 8 kg. W poziomie *AE* przy średniej miąższości 10 cm i ciężarze objętościowym 1,25 wynosił odpowiednio około 50 i 120 kg, zaś w poziomie *Bv* przy średniej miąższości 25 cm i ciężarze obj. 1,45 — około 140 i 200 kg N na ha. Z tych orientacyjnych wyliczeń wynika, że największy udział w akumulacji azotu mineralnego w glebie ma poziom *AE*, następnie poziom *Bv*, a najniższy — poziom *FH*. Jak widać, ocena zasobności gleby w azot mineralny, przeprowadzona w oparciu o analizę średniej próbki gleby pobranej do głębokości 0–20 lub 0–40 cm, może być istotnie zniekształcona, jeśli się nie uwzględni miąższości poszczególnych poziomów genetycznych.

WNIOSKI

1. W okresie wysiewu nawozu największą akumulację azotu (wyrażoną w mg N na 100 g gleby) stwierdzono w poziomie *FH*, do którego bezpośrednio wprowadzono nawożenie, a najniższą — w poziomie *Bv*.

2. Po zakończeniu nawożenia różnice w akumulacji azotu mineralnego w poziomie *FH* maleją w stosunku do poziomów *AE* i *Bv*.

3. Azot wniesiony na powierzchnię gleby w postaci nawożenia mineralnego przemieszcza się stopniowo do niżej położonych poziomów genetycznych *AE* i *Bv*, w których rozwija się główna masa systemów korzeniowych drzew leśnych.

4. Obliczono, że w wyniku nawożenia najwięcej azotu zakumulowało się w glebie w poziomie *AE*, a najmniej w poziomie *FH*. Na taki układ wpłynęła miąższość poszczególnych poziomów oraz ich ciężar objętościowy.

5. Mineralne nawożenie azotowe istotnie podnosiło zawartość azotu ogółem w poziomach *FH* i *AE* gleby. Wzrost zawartości tej formy azotu w glebie następował wraz ze wzrostem dawki nawożenia.

Za wykonanie techniczne niniejszej pracy składam serdeczne podziękowanie starszemu technikowi Joannie Lange.

LITERATURA

- [1] Aubertin G. M., Smith D. W., Patric J. H.: Quantity, and quality of streamflow after urea fertilization on a forested watershed: first-year results. USDA Forest Service Technical Report NE-3, 1973, 88–100.
- [2] Cooperative Research in Forest Fertilization CRIFF, Annual Report — 1974. Provides guidance to the program and represents the University of Florida.

- [3] Nömmik H.: Assessment of volatilization loss of ammonia from surface applied urea of forest soil by N-15 recovery. *Plant and Soil* 38, 1973, 3, 589–605.
- [4] Mahendrapa M. K.: Volatilization of oxides of nitrogen from nitrate treated Black Spruce row humus. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38, 3, 1975, 522–524.
- [5] Ostrowska A., Kowalkowski A., Szczesny P.: Wyjaśnienie wpływu SO_2 i produktów jego neutralizacji amoniakiem na środowisko leśne. Dokumentacja 1975 r., Bibl. IBL, Warszawa.
- [6] Theobald W. F., Smith W. H.: Nitrate production in two forest soils and nitrate reduction in pine. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38, 4, 1974, 668–671.
- [7] Ulrich B.: Investigation on cycling of bioelements in forest of central Europe (preliminary results of Solling project). Unesco, 1971, Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symp. 1969.

А. Островска

АККУМУЛЯЦИЯ АЗОТА В РЖАВОЙ ОПОДЗОЛЕННОЙ ПОЧВЕ ПОД СОСНОВЫМ НАСАДЖЕНИЕМ УДОБРЯЕМОМ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Отделение почвоведения и удобрения,
Научно-исследовательский институт лесоводства, Варшава-Сенкоцин

Резюме

Цель исследований проведенных в сосновом насаждении на ржавых оподзоленных почвах состояла в определении продвижения азота из внесенного на поверхность почвы азотного удобрения в корневую зону растений. Сульфат аммония высевали из самолета в дозах от 40 до 2560 кг $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ годично на га. Цикл внесения длился два года. Содержание аммонийного и нитратного азота определяли в генетических горизонтах почвы *FH*, *AE* и *Bv* после первого года удобрения — весной 1973 г., после второго года — весной 1974 г., а для определения последствий летом и осенью 1974 года. В осеннем периоде определили тоже содержание общего азота в названных генетических горизонтах почвы.

В результате проведенных исследований установлено, что в годы внесения сульфата аммония наиболее минерального азота (в мг азота на 100 г почвы) аккумулировалось в верхнем горизонте *FH*, затем расположенном ниже горизонте *AE* и наименьше в горизонте *Bv*. Позднее различия в пользу горизонта *FH* уменьшались. Господствующей формой минерального азота накапливаемой во всех испытанных генетических горизонтах почвы является аммоний азот.

Учитывая мощность отдельных генетических горизонтов испытаний почвы и их объемный вес, наибольшее накопление минерального азота из удобрения обнаруживалось в горизонте *AE*, в котором находится главная масса корневой системы деревьев, затем в горизонте *Bv* и самое низкое в горизонте *FH*. Установлено тоже существенное повышение содержания общего азота в горизонте *FH* и *AE* под влиянием возрастающих доз сульфата аммония.

A. OSTROWSKA

NITROGEN ACCUMULATION IN PODZOLIZED RUSTY SOIL UNDER A PINE
STAND FERTILIZED WITH $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Department of Soil Science and Fertilization Forest Research Institute at
Warszawa-Sękocin

S u m m a r y

The nitrogen displacement from fertilizer applied on the surface of soil to root zone of plants was determined. The experiments were carried out in pine stand on podzolized rusty soils. The ammonium sulphate was spread from plane at the rate varying within 40–2560 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a year per hectare, during two years. The ammonium and nitrate nitrogen content was determined in genetic horizons of the soil: *FH*, *AE* and *Bv* in spring 1973 after the first year of fertilization, in spring 1974 after the second year of fertilization and then, to determine the residual effect — in summer and autumn 1974. In the autumn period the total nitrogen content in genetic horizons investigated was determined additionally.

The investigations have proved that during the ammonium sulphate application most mineral nitrogen (in mg N per 100 g of soil) was accumulated in the *FH* horizon, less in the *AE* horizon and the least in the *Bv* horizon. Upon finishing the fertilization, the differences decreased in favour of the *FH* horizon. The predominating mineral nitrogen form accumulating in all genetic horizons of soils investigated was ammonium nitrogen.

While taking into consideration the thickness and bulk density of particular genetic horizons of the soil investigated, it has been proved that the highest mineral nitrogen accumulation in consequence of fertilization occurred in the *AE* horizon containing the main bulk of root systems, some what lower in the *Bv* horizon, and the lowest in the *FH* horizon. Also a significant total nitrogen increase in the *FH* and *AE* horizons under influence of increasing ammonium sulphate rates was observed.

Dr Apolonia Ostrowska
Instytut Badawczy Leśnictwa
w Sękocinie
05-550 Raszyn