

MARIAN GÓRSKI

NOWE NAWOZY AZOTOWE

Celem niniejszego artykułu jest omówienie przydatności nowych nawozów azotowych, które w ostatnich paru latach znalazły się w sprzedaży, względnie takich, które ewentualnie znajdą się na naszym rynku. Takimi nawozami, które już teraz zostały wprowadzone do praktyki rolniczej, są: woda amoniakalna, saletra amonowa, saletrzak wysokoprocentowy, mocznik. Nawozy, które ewentualnie mają być dopiero wprowadzone, to: saletromocznik, węglan amonu oraz wolno działające nawozy azotowe mocznikowo-formaldehydowe.

1. Woda amoniakalna jest to roztwór amoniaku w wodzie. Stosowany jest roztwór zawierający 25% amoniaku NH_3 , co odpowiada zawartości azotu około 20%.

Badania nad wodą amoniakalną zostały w Polsce rozpoczęte z inicjatywy M. Górskiego i T. Stobieckiego¹. Udział w pracach nad wodą amoniakalną wzięły niemal wszystkie ośrodki chemiczno-rolnicze w Polsce, ale przede wszystkim Zakład Chemii Rolniczej w Warszawie oraz Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w doświadczalnictwie terenowym². Okazało się, że jest to nawóz w swoim stosowaniu dość kłopotliwy. Przede wszystkim wymaga on specjalnych rozlewaczy, umożliwiających przykrycie wody amoniakalnej warstwą ziemi, a to w celu zapobieżenia ulatnianiu się amoniaku. Przykrycie na 5 do 7 cm praktycznie usuwa możliwość tych strat. Po dostaniu się do gleby woda amoniakalna wpływa na zmniejszenie się kwaśnego odczynu gleby, ale później następuje nitryfikacja amoniaku i powrót do początkowego odczynu. Nitryfikacja odbywa się dość szybko, tak że w rezultacie roślina ma do rozporządzenia, obok jonów amonowych pochodzących z rozlewanego amoniaku, jony azotanowe. Po stosunkowo krótkim czasie mamy więc do czynienia jak gdyby z azotanem amonu. W wielu doświadczeniach wazonowych i polowych stwierdzono, że nawozowe działanie wody amoniakalnej jest mniej więcej takie same,

¹ Górski M. i Stobiecki T. — Woda amoniakalna jako nawóz sztuczny. Przemysł Chemiczny t. XI, 1955.

² Górski M. — Amoniak jako nawóz azotowy. Praca zbiorowa, Roczn. Nauk Roln. 1956 (1951) str. 93—279.

jak innych nawozów azotowych, a w szczególności takie same, jak działanie saletry amonowej³.

Jeśli chodzi o zboża, to woda amoniakalna może być stosowana tylko przed siewem, pogłównie bowiem stosowanie jest niemożliwe ze względu na ulatnianie się amoniaku, który nie może być przykryty na pożądaną głębokość. Pod zboża ozime stosowanie wody amoniakalnej jest prawie zupełnie niemożliwe z tego powodu, że w nawożeniu ozimin cały azot zalecamy stosować na wiosnę, obawiając się, że azot zastosowany na jesieni może być wymyty wodami jesienno-wiosennymi. Pozostaje więc możliwość stosowania wody amoniakalnej tylko pod zboża jare, ale i tutaj istnieje też pewne ograniczenie. Zboża jare musimy siać jak najwcześniej i ten wcześniejszy siew ma decydujące znaczenie dla uprawy. Nie można czekać z wysiewem z tego powodu, że nie zdążyliśmy jeszcze rozlać wody amoniakalnej. Cdroczenie siewu roślin na rzecz wylewu wody amoniakalnej nie jest wskazane. Z tego względu musimy zamiast wody amoniakalnej zastosować inny nawóz azotowy, na przykład saletrę amonową, która bardzo dobrze nadaje się do pogłównego wysiewu. Na szczęście wodę amoniakalną możemy stosować tuż przed siewem bez żadnych obaw co do szkodliwego jej działania⁴. Tuż za rozlewaczem może w kilka godzin iść siewnik zbożowy. Woda amoniakalna jest w zasadzie nawozem przedsięwziętym i dlatego jej stosowanie pod zboża z wymienionych powodów jest nieco ograniczone. Inaczej ta sprawa przedstawia się przy uprawie roślin okopowych, takich jak ziemniaki, buraki cukrowe i pastewne, szereg warzyw, jak przede wszystkim kapusta i wiele innych roślin uprawianych w szerokie rzędy, a wymagające obfitego nawożenia azotem. Pod te rośliny, obok stosowania wody amoniakalnej przedsięwziętym, możemy ją również stosować, jak to wykazała praktyka rolnicza, pogłównie w czasie wegetacji w szerokie rzędy.

Duże znaczenie, jakie ma stosowanie wody amoniakalnej, polega na tym, że, jak to wykazało mnóstwo doświadczeń wazonowych i polowych, działanie wody amoniakalnej jest takie same, lub nawet trochę lepsze, a prawie nigdy gorsze niż działanie innych nawozów azotowych, a cena azotu w wodzie amoniakalnej jest o połowę niższa niż w innych nawozach azotowych. Również inwestycje na budowę wytwórni są mniej więcej o połowę mniejsze niż inwestycje dla azotanu amonu, obliczając na jednostkę azotu.

Oczywiście, że stosowanie wody amoniakalnej jest związane również z pewnymi nakładami w samym gospodarstwie. Musimy mieć nie tylko

³ Górski M. i Moskal S. — Wprowadzenie wody amoniakalnej do praktyki rolniczej. Prace Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG, zeszyt II, 1956, str. 40—67.

⁴ Krzysztofowicz J. i inni. — Termin przedsięwziętego stosowania wody amoniakalnej. Roczn. Nauk Roln. t. 74-A-4, 1957, str. 907—922.

rozlewacze, ale również specjalne zbiorniki na przechowanie wody amoniakalnej. Koszty nabycia rozlewaczy do wody amoniakalnej zostały ostatnio w znacznym stopniu obniżone i teraz możemy powiedzieć z całą pewnością o wyższej opłacalności stosowania wody amoniakalnej w porównaniu do opłacalności innych nawozów azotowych. Sprawa stosowania wody amoniakalnej jest zagadnieniem o znaczeniu ogólnopństwowym. Praktyka rolnicza, chcąc mieć więcej nawozów azotowych, musi stosować więcej wody amoniakalnej, gdyż inwestycje na budowę nowych wytwórni wiązania azotu są mniejsze niż inwestycje na produkcję nawozów saletrzanych.

W związku z wodą amoniakalną wynika kwestia stosowania amoniaków, to jest takich nawozów, które obok amoniaku zawierają inny związek azotowy. Takim najpospolitszym nawozem jest roztwór amoniaku i mocznika zawierający około 40% azotu. Jest to nawóz płynny, który znajduje się u nas w próbach, wspominałem o nim jeszcze w roku 1951. Działanie jego jest takie same, jak działanie wody amoniakalnej. Zaletę stanowi wyższa zawartość azotu, co ma wpływ na koszty transportu i koszty wylewu.

2. Saletra amonowa jako nawóz bez żadnej domieszki została wprowadzona u nas mniej więcej przed czterema laty. Chemicznie jest to czysty azotan amonu, zawierający teoretycznie około 35% azotu, a praktycznie 34% azotu. Jest to nawóz o bardzo dobrym działaniu, nie ustępujący pod tym względem różnego rodzaju saletrom. W postaci perlistej jest on łatwy do wysiewu. Możliwość jego stosowania przedsięwzięcie i pogłównie jest prawie nieograniczona. O ile saletrzak wymaga, ze względu na zawartość węglanu wapnia, jakiegoś przykrycia w obawie przed nieznacznymi zresztą możliwościami strat azotu, to saletra amonowa stosowana pogłównie wymaga przykrycia tylko na glebach o wyraźnym odczynie zasadowym. W Polsce jest mało gleb o odczynie zasadowym i dlatego można powiedzieć, że saletra amonowa ma prawie nieograniczone możliwości pogłównego stosowania.

Poważną wadą saletry amonowej jest konieczność zachowania ostrożności przechowywania w obawie przed jej wybuchowością oraz zbrylaniem się. Obecnie nie słyszy się już o tych wybuchach prawdopodobnie dlatego, że zachowywane są środki ostrożności, polegające na poniżej podanych postulatach. Saletra amonowa powinna być przechowywana w suchych i czystych pomieszczeniach. Nie powinna się stykać z materiałami takimi, jak słoma, pakuły itp. materiały organiczne, gdyż tego rodzaju materiały są początkowo bardzo powoli utleniane przez saletrę amonową, przy czym może się wydzielić pewna ilość ciepła, co doprowadza do wybuchu. Nie wolno rozsypywać saletry amonowej, gdyż wtedy nawet w zetknięciu się

z niewielką ilością materiału organicznego może nastąpić wybuch. W pomieszczeniach absolutnie nie wolno palić.

3. **S a l e t r z a k i.** Saletrzakami nazywamy mieszaninę saletry amonowej z wapniakiem. Przed wojną produkowano saletrzak zawierający 15,5% azotu. Po wojnie podwyższono zawartość azotu w saletrzaku do 20,5%. Obecnie produkujemy saletrzak zawierający 26% azotu, co osiąga się przez mniejszy dodatek wapniaka. Ten saletrzak niczym nie ustępuje poprzednim saletrzakom. Jego produkcja, a tym samym cena, jest niższa od saletrzaku zawierającego 20% azotu. Możliwości ulatniania się amoniaku są mniejsze na skutek mniejszej zawartości węglanu wapnia.

Ostatnio nasze wytwórnie chcą produkować saletrzaki, w których zamiast wapniaka stosuje się do rozcieńczenia tuf filipowiecki zawierający 8—10% K_2O . Nic nie można mieć przeciwko takiej zamianie wapniaka przez tuf, jeśli to może prowadzić do lepszych właściwości wysiewnych. Ale nie będzie można takiego nawozu traktować jako nawozu azotowo-potasowego, gdyż potas w tufach filipowieckich znajduje się w postaci związków trudno rozpuszczalnych w wodzie, a na skutek tego prawie niedostępnych dla roślin.

4. **M o c z n i k** ma być u nas wprowadzony do nawożenia w dużych ilościach, a to w związku z dużą produkcją mas plastycznych, do których wyrobu jest on stosowany. Nasza produkcja może być tylko wtedy opłacalna, jeżeli będzie prowadzona na wielką skalę — nadmiar produkcji mocznika będzie zużywany jako nawóz azotowy. Nasza nauka od dawna zajmuje się wartością mocznika jako nawozu azotowego. Zwłaszcza w Zakładzie Chemii Rolniczej w Warszawie przeprowadzono bardzo wiele doświadczeń wazonowych porównując mocznik nie tylko z saletrami i nawozami amonowymi, ale również z wodą amoniakalną. Okazało się w tych doświadczeniach, że działanie mocznika jest takie samo.

Mocznik jest związkiem dobrze rozpuszczalnym w wodzie, a zawartość azotu jest bardzo wysoka bo aż 46%. Na skutek swojej dobrej rozpuszczalności w wodzie mocznik dyfunduje swobodnie w glebie, bo nie ulega sorpcji wymiennej. Jego losy w glebie polegają na szybkiej amonifikacji, a później ewentualnej nitryfikacji. Do procesów tych potrzebny jest pewien czas zależny między innymi od temperatury, ale w rezultacie zaraz po wysiewie mamy wysiany mocznik, a później dopiero produkty jego amonifikacji i nitryfikacji. Istnieje więc kwestia, w jakim stopniu mocznik jest pobierany i przerabiany przez rośliny. Szybkość pobierania mocznika jest mniejsza niż szybkość pobierania soli amonowych i azotanów. Ostromecka⁵ za pomocą kultur wodnych dowiodła, że mocznik jest pobierany daleko

⁵ Ostromecka. Pobieranie azotu z mocznika i azotanu amonu. *Rocz. Nauk. Roln.* Tom 82-A-2.

wolniej niż azotan amonu. Doświadczenia te zostały przeprowadzone w ten sposób, że rośliny były na krótki czas pogrążane do roztworów zawierających azot albo w postaci azotanu amonu, albo też w postaci mocznika. W ten sposób w ciągu tych trzech godzin nie tworzyły się produkty rozkładu mocznika. Okazało się, że pobieranie azotu z mocznika było daleko słabsze, co widać z przytoczonej tabeli.

Tabela 1

Pobieranie azotu z azotanu amonu i z mocznika

Liczba dni żywienia azotem	Azotan amonu	Mocznik
17	88 mg N	35 mg N
25 (krzewienie)	204 „	83 „
35	358 „	200 „
48 (kłoszenie)	582 „	339 „
55	720 „	445 „
60	958 „	436 „

Z tabeli 1 widać, że mocznik jest pobierany dużo wolniej niż azotan amonu i dlatego prawdopodobnie byłby on gorszym nawozem niż nawozy azotanowo-amonowe, gdyby nie ta okoliczność, że ulega on w glebie amonifikacji, a dalej nitryfikacji, co powoduje szybsze pobieranie azotu. Na skutek tego mocznik działa mniej więcej tak, jak inne nawozy azotowe, ale pod warunkiem, że ulega amonifikacji i nitryfikacji. W ogóle, oceniając przydatność mocznika jako nawozu azotowego, musimy poznać szybkość tych procesów. W badaniach wykonanych przez Ostromęcką⁶ okazało się, że szybkość ta jest dość duża, tak że można uważać mocznik, właściwie mówiąc, za nawóz azotanowo-amonowy.

Tabela 2

Szybkość amonifikacji mocznika w zależności od gleby i temperatury

Liczba dni	GLEBA BIELICOWA		GLEBA BRUNATNA		CZARNOZIEM	
	25°C	4—10°C	25°C	4—10°C	25°C	10°C
1	64	29	86	54	86	67
3	99	68	74	86	65	88
5	94	88	43	—	22	86
7	88	97	6	84	0,9	86

Widzimy, że po upływie 7 dni, nawet w niskiej temperaturze, następuje całkowita amonifikacja mocznika. Przy wyższej temperaturze na glebie bielcowej, a jeszcze wyraźniej na glebie brunatnej, znajdujemy z bie-

⁶ Ostromęcka — z materiałów nie opublikowanych.

giem czasu mniejszą ilość azotu amonowego, a to dlatego, że następuje jego nitryfikacja. To samo zjawisko występuje na czarnoziemach. W temperaturze 10°C wzrasta szybko ilość azotu, a przy wyższej temperaturze następuje szybka amonifikacja, ale jednocześnie azot amonowy ulega nitryfikacji, tak że z biegiem czasu maleje ilość jonów amonowych. Mocznik jest uniwersalnym nawozem, który może być stosowany zarówno przed siewem, jak i pogłównie. Jego wysiew w postaci krystalicznej jest może utrudniony z tego powodu, że już małe ilości wody robią ten produkt maziastym. Dlatego też forma tego nawozu w postaci perełek jest najbardziej pożądana dla wygodnego wysiewu.

5. Saletromocznik. Wiadomo, że najbardziej ujemną stroną saletry wapniowej jest jej higroskopijność. Dlatego też na uwagę zasługuje wszystko to, co ewentualnie zmniejsza tę higroskopijność. Takim środkiem jest dodatek do saletry wapniowej azotanu amonu, który podwyższa zawartość azotu, a jednocześnie zmniejsza cokolwiek higroskopijność saletry wapniowej. Ale dopiero utworzenie soli kompleksowej, złożonej z azotanu wapnia i mocznika, prawie zupełnie usuwa tę higroskopijność. Ta sól kompleksowa odpowiada mniej więcej takiemu wzorowi: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Zawartość azotu w tym produkcie wynosi 20%. Tego rodzaju produkt, który by można nazwać saletromocznikiem, w porównaniu z saletrą wapniową ma daleko mniejszą higroskopijność i wskutek tego jest łatwy w wysiewie. Z saletromocznikiem wykonaliśmy kilka doświadczeń wazonowych⁷. Wyniki jednego z tych doświadczeń zamieszczamy w tabeli 3.

Tabela 3

Plony owsa na glebie piaszczysto-gliniastej w zależności od rodzaju nawozu azotowego i dawki azotu

Forma azotu	Dawka azotu w g/wazon					Przedział ufności (P=0,95)	Średnie dla formy azotu	Przedział ufności (P=0,95)
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0			
a) ziarno								
Mocznik	7,2	12,5	14,0	15,2	16,2		13,0	
Saletra wapniowa	9,6	13,3	14,7	14,7	15,1	0,50	13,5	0,22
Saletromocznik	9,6	12,3	14,5	14,7	15,9		13,4	
b) słoma								
Mocznik	14,0	20,4	24,4	23,9	25,1		21,6	
Saletra wapniowa	15,8	20,5	21,4	22,2	23,0	0,62	20,6	0,28
Saletromocznik	16,5	19,0	22,8	22,0	24,8		21,0	

⁷ Górski M. — Saletromocznik jako nawóz azotowy. Rocz. Glebozn. 1961 w druku.

Widzimy, że działanie saletromocznika jest takie same, jak działanie saletry wapniowej względnie mocznika. Dlatego też saletromocznik mógłby być stosowany na dość szeroką skalę jako nawóz działający podobnie jak saletra wapniowa. Oczywiście, że koszt otrzymywania takiego nawozu nie powinien być wyższy od saletry amonowej mieszanej z azotem amonu. Ponieważ zawartość azotu w saletromoczniku jest wyższa niż w saetrze wapniowej, zyskujemy tu pewne oszczędności na transporcie. Ale również i opakowanie będzie tańsze, bo oszczędność będzie polegała na możliwości stosowania tańszych worków.

6. Myśl zubożenia amoniaku kwasem węglowym i otrzymywania w ten sposób węglanu amonu jest dość dawna. Tuż po pierwszej wojnie światowej w Zakładzie Chemii Rolniczej w Warszawie usiłowano poznać wartość nawozową węglanu amonu i przeprowadzono z nim doświadczenia wazonowe. Opublikował je B. Chrostowski⁸. Myśl ta została podjęta przez prof. T. Stobieckiego, który usiłuje poznać możliwości produkowania tego nawozu na dużą skalę. Największą i można powiedzieć jedyną przeszkodą w możliwości stosowania tego nawozu jest jego ulatnianie się, przy czym tworzy się gazowy amoniak, który może prowadzić do strat już w czasie przechowywania tego nawozu. Trzeba więc zapobiec ulatnianiu się amoniaku przez odpowiednie opakowanie tego nawozu, być może w bębnach żelaznych, ale i opakowanie papierowe zapobiegające ulatnianiu się amoniaku można wziąć pod uwagę, a być może masy plastyczne miałyby tu też zastosowanie.

Sam wysiew węglanu amonu jako nawozu azotowego nie natrafia na trudności. Trzeba by tylko wysiewać ten nawóz wprost do gleby i przykrywać go podobnie, jak przykrywamy wodę amoniakalną.

Zachowując pewne środki ostrożności J. Krzysztofowiczowa wykonała doświadczenia wazonowe nad porównaniem działania węglanu amonu z innymi nawozami azotowymi, a przede wszystkim z wodą amoniakalną i z mocznikiem. Wyniki podano w tabeli 4.

Okazało się, że węglan amonu działa nieco lepiej niż woda amoniakalna i mocznik. To lepsze działanie węglanu amonu można by przypisywać obecności dwutlenku węgla, który ewentualnie pobierany jest przez roślinę i później asymilowany. Oczywiście jest to przypuszczenie, które mogłoby być rozstrzygnięte przez zastosowanie w dalszych badaniach izotopu radioaktywnego węgla⁹.

7. Dotychczas produkowane nawozy azotowe są w wodzie rozpuszczalne, co jest ich niewątpliwą zaletą, ale jednocześnie dużą wadą, gdyż daje to

⁸ Chrostowski B. — Dwuwęglan amonu jako nawóz azotowy. Roczn. Nauk Roln. 24, 1930 str. 78—89.

⁹ Górski M. i Krzysztofowiczowa J. — Wartość nawozowa węglanu amonu Roczniki Gleboznawcze (w druku 1961).

Tabela 4

Porównanie wartości nawozowej dwuwęglanu amonu, wody amoniakalnej oraz mocznika czystego i stabilizowanego stosowanych pod owoce

Nawożenie		Plon owsa w g w pow. such. masie		
		ziarno	słoma	razem
Bez azotu		4,6	7,8	12,4
Dwuwęglan amonu	N — 0,2 g	13,4	21,7	35,1
	N — 0,4 g	20,7	27,9	48,6
	N — 0,6 g	24,3	29,5	53,8
Woda amoniakalna	N — 0,2 g	12,1	19,8	31,9
	N — 0,4 g	19,9	27,0	46,9
	N — 0,6 g	21,9	28,3	50,2
Mocznik	N — 0,2 g	12,2	20,6	32,8
	N — 0,4 g	19,8	28,3	48,1
	N — 0,6 g	24,6	32,3	56,9

możliwość wymycia ich z gleby, co może powodować duże straty. Ta duża rozpuszczalność powoduje jeszcze i to, że stosowany nawóz jest gwałtownie pobierany przez rośliny, a później roślina zaczyna głodować z powodu braku azotu. Dlatego pożądane byłoby posiadanie takiego nawozu azotowego, który byłby nierozpuszczalny, a właściwie trudno rozpuszczalny w wodzie i którego związek azotu powoli by się rozkładał i stanowił ciągle źródło azotu w czasie całego okresu wegetacyjnego¹⁰. Produkcja rolnicza jest zainteresowana takim wolno działającym nawozem azotowym.

Obecnie w Kędzierzynie opracowuje się reakcję, która zachodzi między mocznikiem a formaldehydem, ewentualnie aldehydem octowym. Otrzymane związki są nierozpuszczalne w wodzie, jednak powoli rozkładają się w glebie, stanowiąc powolne źródło azotu dla roślin. Z takimi trzema produktami przeprowadziliśmy wstępne doświadczenia wazonowe, w których produkty te porównano z azotanem amonu i mocznikiem. Wyniki zamieszczone są w tabeli 5.

Z tego widzimy, że tylko produkty kondensacji z formaldehydem dają gorsze plony niż azotan amonu i mocznik. Różnica przy tym jest znaczna, plony są mniej więcej o połowę niższe. Z aldehydem octowym plony są również mniejsze niż na moczniku i azotanie amonu, ale różnica na korzyść czystego mocznika jest nie tak wielka, jak w wypadku kondensacji mocznika z formaldehydem.

Na razie więc trzeba powiedzieć, że produkty kondensacji mocznika z formaldehydem są niekorzystne. Uważamy jednak, że sprawa otrzy-

¹⁰ Górski M. — Nierozpuszczalne w wodzie nawozy azotowe. Roczn. Gleb. t. X 1961 (w druku).

Tabela 5

Porównanie produktów kondensacji mocznika z formaldehydem względnie z aldehydem octowym

	Powietrznie suche plony w g/wazon			
	ziarno	słoma	korzenie	plon ogólny
Bez azotu	1,6	3,6	3,2	8,4
Azotan amonu	5,7	21,9	6,3	33,9
Mocznik	6,2	21,9	5,2	33,3
Mocznik z formaldehydem	3,1	6,9	3,5	13,5
Mocznik z formaldehydem i aldehydem octowym	6,7	17,8	4,4	28,9
Mocznik z aldehydem octowym	4,9	20,9	4,5	30,3
Przedział ufności	0,45	0,64	0,50	

wania nierozpuszczalnych nawozów azotowych nie może być zaniechana. Nawozy nierozpuszczalne w wodzie mogą mieć duże znaczenie tam, gdzie stosujemy duże dawki nawozów azotowych, które na skutek wywołanej koncentracji mogą działać szkodliwie na rośliny. Duże dawki nawozów azotowych stosujemy przede wszystkim w uprawach ogrodniczych, zwłaszcza w uprawach szklarniowych. Oprócz tego takie nawozy nierozpuszczalne mogą mieć pewne znaczenie w uprawie ozimin, gdzie unikamy stosowania nawozów na jesieni w obawie przed ich wymyciem. Sądzymy dalej, że doświadczenia wazonowe nie uwypuklają ewentualnych dodatnich stron nawozów azotowych nierozpuszczalnych w wodzie, gdyż doświadczenia wazonowe są tak prowadzone, że wykluczone jest wymywanie azotu. Dopiero w naturalnych warunkach doświadczeń polowych mogą się uwypuklić dodatnie strony nawozów azotowych trudno rozpuszczalnych w wodzie.