



Knowledge grows

Nawozy saletrzane

Optymalizowanie plonu,
ochrona środowiska naturalnego



Spis treści

Żywnienie świata, ochrona przyrody str. 4

- ▶ Rolnictwo jutra

Mineralne źródła azotu str. 5

- ▶ Azot – źródło życia
- ▶ Nawozy mineralne

Przemiany azotu w glebie str. 6

- ▶ Azot z formy azotanowej
- ▶ Azot z formy amonowej
- ▶ Azot z formy amidowej (mocznika)

Zapewnianie optymalnego plonu str. 8

- ▶ Optymalizowanie plonu i jakości
 - ▶ Francja
 - ▶ Niemcy
 - ▶ Wielka Brytania
- ▶ Nawozy saletrzane a dyrektywa azotanowa
 - ▶ Dostosowanie nawozów do potrzeb roślin w obliczu obowiązujących przepisów prawa
 - ▶ Co możemy zrobić?
 - ▶ Idealne rozwiązanie – cała gama nawozów YaraBela™

Zachowanie środowiska naturalnego str. 12

- ▶ Optymalizowanie produkcji nawozów
- ▶ Poprawianie stosowania nawozów
 - ▶ Obniżanie ulatniania
 - ▶ Łagodzenie zmian klimatu
 - ▶ Kontrolowanie wyłukiwania
- ▶ Ocena ogólnej efektywności działań środowiskowych

4 str. okładki

- ▶ O firmie Yara
- ▶ Literatura



Czysta

efektywność

Niniejsze wydawnictwo podsumowuje niektóre spośród zasadniczych aspektów agronomicznego i środowiskowego oddziaływania nawozów azotowych.

Mineralne nawozy azotowe, w zależności od składu chemicznego, mają różny wpływ na plon i środowisko. Europejscy farmerzy od wielu lat są świadomi, że nawozy oparte na azotanach są najbardziej skutecznym, niezawodnym i łatwo dostępnym źródłem azotu. Dodatkowo produkty te mają istotnie mniejsze oddziaływanie środowiskowe niż produkty oparte na moczniku (mocznik, roztwór saletrzano-mocznikowy), a to dzięki ograniczeniu wyptukiwania, mniejszemu ulatnianiu oraz niższemu śladowi węglowemu cyklu życia.

Nawozy oparte na azotanach, takie jak YaraBela™ NITROMAG®, saletra amonowa, oraz nawozy NPK, typu Nitrofoska, są czystym źródłem składników pokarmowych, oferującym wysoką skuteczność, dokładność, i niezawodność, a przez to realizują agronomiczne i środowiskowe potrzeby współczesnego rolnictwa.

Nawozy oparte na azotanach stanowią naturalny wybór dla farmerów, którym zależy zarówno na plonie, jak i środowisku.

Parametr	Obserwacje
Skuteczność	7,5–18% dodatkowego azotu mocznikowego potrzebnego do uzyskania podobnego plonu w porównaniu do nawozów saletrzanych
Plon	2–5% wyższy plon na YaraBela™ NITROMAG® / saletrze amonowej*
Jakość	0,3–0,9% wyższa zawartość białka przy stosowaniu YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej*
Niezawodność	Wyższa niezawodność YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej dzięki przewidywalnym stratom związanym z ulatnianiem azotu do atmosfery
Ulatnianie	Straty z YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej na poziomie 1–3%, w porównaniu do aż 27% z mocznika*
Wyptukiwanie	Możliwość kontroli wyptukiwania azotu z saletry YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej dzięki niższym dawkom i szybszemu pobraniu przez rośliny
Ślad węglowy	12,5% niższy ślad węglowy cyklu życiowego YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej w porównaniu do mocznika*
Wskaźnik środowiskowy	46,6% niższy wskaźnik środowiskowy dla YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej w porównaniu do mocznika*

* Przy identycznych dawkach azotu.



Żywnienie świata, ochrona przyrody

Powiększająca się światowa populacja ludzi oraz narastający kryzys środowiskowy stawiają rolnictwo w zupełnie nowym świetle. W jaki sposób pogodzić bezpieczeństwo żywnościowe z ochroną środowiska? Jakie jest znaczenie nawozów mineralnych? W jaki sposób ważyć efektywność agronomiczną w stosunku do obciążenia środowiska? Firma Yara, jako lider wiedzy w zakresie żywienia roślin, odpowiada na pytania dotyczące najlepszego wyboru – azotowych nawozów mineralnych.

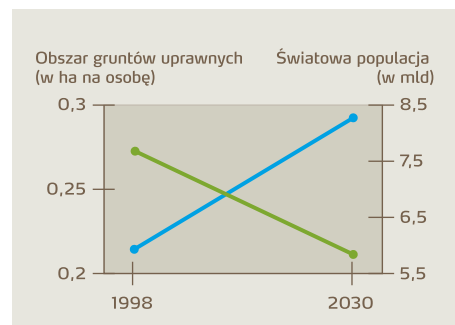
Rolnictwo jutra

W ciągu minionego półwiecza „zielona rewolucja” przyczyniła się do potrojenia produkcji żywności. W tym samym czasie światowa populacja gwałtownie zwiększyła się z 3 do 6 miliardów ludzi. Oczekuje się, że zwiększy się jeszcze do około 8,5 miliarda ludzi do roku 2030, a wtedy produkcja żywności będzie musiała wzrosnąć o więcej niż 50% [1]. Ponieważ tereny odpowiednie do przekształcenia na cele rolnicze kurczą się, optymalizowanie plonu z już istniejących powierzchni rolniczych jest koniecznością.

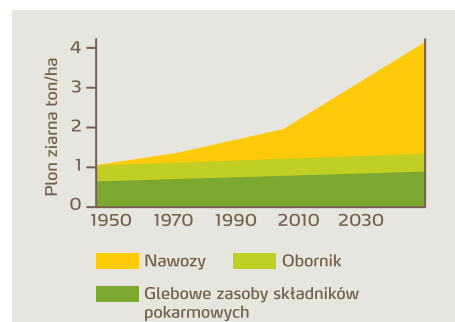
Europejskie rolnictwo jest jednym z najbardziej skutecznych na świecie. Tym niemniej Unia Europejska jawi się jako największy światowy importer artykułów rolnych. Import netto przekroczył eksport o 65 milionów ton,

przy wzroście 40% w ostatnim dziesięcioleciu. Powierzchnia rolnicza poza Unią Europejską, potrzebna do wyprodukowania tego importu, wynosi prawie 35 milionów hektarów (przybliżona wielkość Niemiec!) [2].

Potrzebny jest dalszy przyrost plonów i zdolności produkcyjnej, aby sprostać wyzwaniom XXI wieku. Nawozy mineralne są kluczowe w efektywnym wykorzystaniu gruntów uprawnych. Pomagają zagwarantować bezpieczeństwo żywnościowe w skali globalnej, przyczyniają się do ochrony pierwotnych lasów i łąk przed przekształceniem, a tym samym do złagodzenia zmian klimatu.



Rycina 1: Światowa populacja powiększa się, lecz dostępne grunty uprawne są ograniczone. Efektywne wykorzystanie gruntów rolnych jest niezbędną koniecznością [1].



Rycina 2: Rosnące światowe zapasy żywności coraz bardziej opierają się na nawozach mineralnych [3].



Mineralne źródła azotu

Europejscy farmerzy tradycyjnie opierają się na saletrze wapniowo-amonowej YaraBela™ NITROMAG® / SULFAN i saletrze amonowej jako najbardziej skutecznych źródłach azotu. Jednak inne nawozy, takie jak mocznik i roztwór saletrzano-mocznikowy, również brane są pod uwagę. Różne źródła mineralnego azotu nie współdziałają w ten sam sposób z glebą. Różnice te muszą być uwzględnione przy ocenie efektywności agronomicznej i wpływie na środowisko.

Azot – źródło życia

Azot jest podstawowym pierwiastkiem dla życia roślin. Stymuluje wzrost korzeni i fotosyntezę, jak również pobieranie innych składników pokarmowych. Aż 99% azotu na Ziemi jest magazynowane w atmosferze, a mniej niż 1% jest dostępny w glebie. Cząsteczki azotu (N_2) w atmosferze są chemicznie nieaktywne i nie są dostępne dla roślin (z wyjątkiem roślin motylkowych).

Mała ilość reaktywnego azotu w glebie ogranicza produkcję biomasy w naturalnych ekosystemach. Rolnictwo dodatkowo wyczerpuje dostępny azot z gleby. Azot jest pobierany podczas wzrostu roślin, a następnie wywożony z pól z plonem. Musi być on zatem dostarczany w organicznych lub mineralnych

źródłach azotu. Dlatego nawozy, czy to zastosowane w formie obornika czy azotu mineralnego, są kluczowym elementem zrównoważonego rolnictwa.

Brak azotu pociąga za sobą pogorszenie żyzności gleby, niskie plony o niskiej jakości. Z drugiej strony nadmierne ilości azotu w glebie mogą przemieścić się do wód gruntowych, powodując eutrofizację wód powierzchniowych, lub ulatwiać do atmosfery, powodując zanieczyszczenie i ocieplenie klimatu.

Nawozy mineralne

Niniejsze opracowanie ocenia skuteczność i skutki uboczne zasadniczych mineralnych źródeł azotu, będących w użyciu w Europie:

- Saletra amonowa (AN) zawiera po połowie azot w postaci NH_4^+ (amonu) oraz w postaci NO_3^- (azotanu). Saletra wapniowo-amonowa (YaraBela™ NITROMAG®) zawiera dodatkowo dolomit lub wapń.
- Mocznik zawiera azot w jego postaci amidowej $CO(NH_2)_2$
- Roztwór saletrzano-mocznikowy jest wodnym roztworem mocznika i saletry amonowej.

Wnioski dla produktów specjalnych, takich jak nawozy NPK lub produkty zawierające siarkę, jeśli nie są tu omówione, mogą być łatwo wprowadzone z ogólnych obserwacji.

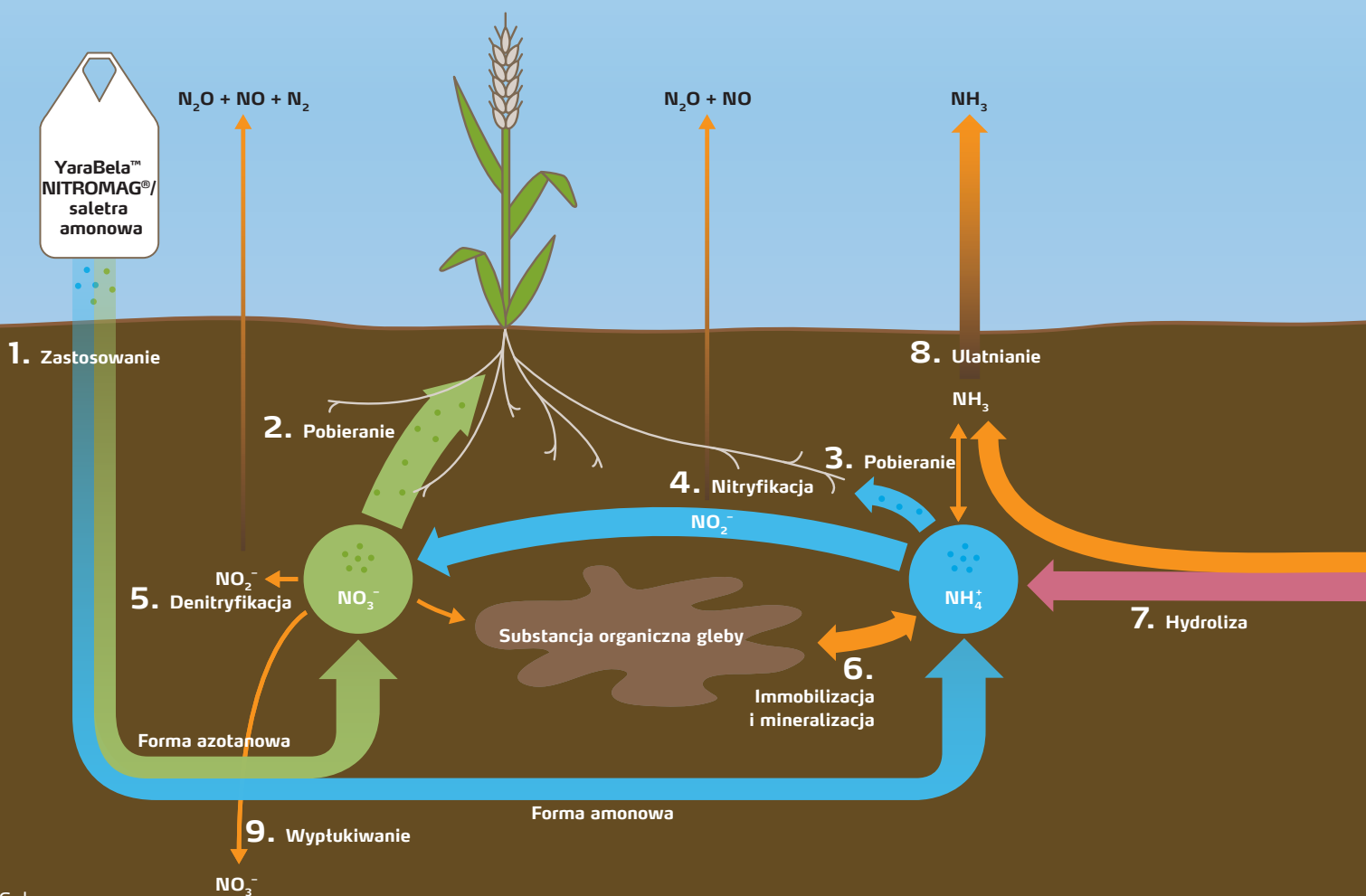
PRODUKT	ZAWARTOŚĆ AZOTU		
	Azot azotanowy NO_3^-	Azot amonowy NH_4^+	Azot amidowy $CO(NH_2)_2$
YaraBela™ NITROMAG®	50%	50%	
Saletra amonowa	50%	50%	
Roztwór saletrzano-mocznikowy	25%	25%	50%
Mocznik			100%

Tabela 1: Ogólnie dostępne postacie nawozów mineralnych zawierają azot jako azot azotanowy, amonowy lub amidowy w różnych proporcjach. Tylko azot azotanowy jest łatwo pobierany przez rośliny. Azot amonowy i amidowy są przekształcane w azot azotanowy drogą hydrolizy i nityfikacji.

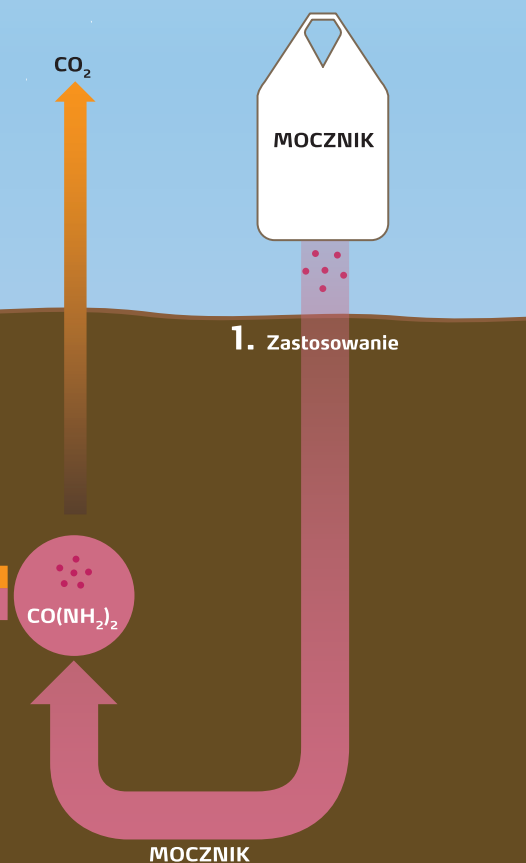
Przemiany azotu w glebie

Azot podlega przemianom w glebie, w zależności od składu chemicznego zastosowanego nawozu. Podczas gdy azot azotanowy jest pobierany bezpośrednio przez rośliny, to azot amonowy i mocznikowy (amid) muszą być najpierw przekształcone w formę azotanową azotu. Suma strat jest najniższa przy stosowaniu azotu azotanowego, a najwyższa przy stosowaniu azotu mocznikowego, ponieważ podlega on wielu przemianom generującym straty.

- 1. Zastosowanie nawozów** zawierających azot mineralny w postaci mocznika, formy amonowej, azotanowej lub ich mieszaniny. Nawozy organiczne i obornik zawierają głównie złożone związki azotu organicznego i amonowego.
- 2. Pobieranie azotu azotanowego** jest szybsze dzięki wysokiej mobilności tych cząstek. Dodatkowo większość roślin preferuje formę azotanową, aniżeli formę amonową.
- 3. Pobieranie azotu amonowego** jest wolniejsze niż azotu azotanowego. Forma amonowa jest wiązana z cząstkami ilastymi w glebie i korzenie muszą do niej dotrzeć.
- 4. Nitryfikacja:** bakterie glebowe przekształcają formę amonową w azotanową. Potrzebują do tego, w zależności od warunków, od kilku dni aż do kilku tygodni. Powstające podczas tego procesu podtlenek azotu i tlenek azotu ulatniają do atmosfery, a więc są tracone.
- 5. Denitryfikacja:** ma miejsce przy braku tlenu (nasytzenie gruntu wodą). Wówczas bakterie glebowe zamieniają azotany i azotyny w gazy podtlenek azotu, tlenek azotu i azot. Gazy te ulatują do atmosfery, generując tym samym straty.
- 6. Immobilizacja** (sorpcja biologiczna): przekształcanie azotu mineralnego w substancję organiczną gleby. Aktywność mikroorganizmów glebowych jest stymulowana głównie przez formę amonową azotu. Unieruchomiony azot nie może być bezpośrednio pobierany przez rośliny i musi zostać najpierw zmineralizowany. Mineralizacja substancji organicznej gleby (i obornika) to przekształcenie niedostępnych organicznych form azotu w dostępne dla roślin mineralne formy tego składnika.
- 7. Hydroliza mocznika** przez enzymy glebowe zamienia azot mocznik w azot amonowy i gaz CO_2 . W zależności od temperatury, hydroliza trwa od kilku dni do wielu tygodni. Odczyn gleby (pH) wokół granulek mocznika silnie wzrasta podczas tego procesu, sprzyjając ulatnianiu amoniaku.
- 8. Ulatnianie amoniaku** następuje, gdy forma amonowa, najpierw zamieniana na amoniak i azot, jest tracona do atmosfery. Wysoki poziom pH gleby sprzyja przemianie formy amonowej w amoniak. Jeśli zamiana występuje na powierzchni gleby, straty są wyższe. Taka sytuacja ma miejsce, kiedy mocznik jest stosowany pogłównie i nie jest natychmiast mieszany z glebą.
- 9. Wypłukiwanie formy** azotanowej występuje głównie w zimie, kiedy opady wymywają resztkowe i zmineralizowane azotany poniżej strefy korzeniowej. Dokładne nawożenie zapobiega wypłukiwaniu podczas okresu wzrostu.



CO ₂	dwutlenek węgla (gaz)
CO(NH ₂) ₂	mocznik
NH ₃	amoniak (gaz)
NH ₄ ⁺	forma amonowa
NO ₃ ⁻	azotan
NO ₂ ⁻	azotyn
NO	tlenek azotu (gaz)
N ₂ O	podtlenek azotu (gaz)
N ₂	azot (gaz)



Azot z formy azotanowej

Azot azotanowy (NO₃⁻) jest łatwo pobierany przez rośliny w dużych ilościach. W przeciwieństwie do mocznika lub azotu amonowego jest on bezpośrednio dostępny jako składnik pokarmowy. Azot azotanowy jest wysoce mobilny w glebie i szybko dochodzi do korzeni roślin. Dlatego stosowanie azotu w formie YaraBela™ NITROMAG® lub saletry amonowej zapewnia natychmiastową dostawę azotu.

Ujemny ładunek azotanu przenosi się wzdłuż dodatnio naładowanych składników pokarmowych, takich jak magnez, wapń i potas. Ważne jest – należy zauważyć – iż zasadniczo cały azot w glebie, czy to zastosowany jako mocznik azot amonowy, czy azot azotanowy, kończy drogę swoich przemian jako forma azotanowa i w tej postaci najchętniej pobierany jest przez rośliny.

Jeśli azot azotanowy stosowany jest bezpośrednio, unika się strat wynikających z przemiany mocznika w formę amonową, a amonowej w azotanową.

Azot z formy amonowej

Azot amonowy (NH₄⁺) jest bezpośrednio pobierany przez rośliny w małych ilościach. Dodatkowo naładowany jon wiąże się z minerałami glebowymi i jest mniej mobilny niż forma azotanowa (NO₃⁻). Większość formy amonowej jest przemieniana w formę azotanową przez mikroorganizmy glebowe. Proces nityfikacji zależy od temperatury, wilgotności, pH i trwa od jednego do kilku tygodni. Pozostała część azotu amonowego jest unieruchamiana przez mikroorganizmy glebowe i uwalniana w dłuższych okresach czasu, budując tym samym substancję organiczną gleby.

Rycina 3: Przemiana azotu mocznikowego, amonowego i azotanowego w glebie. Mocznik podlega największym stratom związanym z przemianą, a forma azotanowa najmniejszym. Roztwór saletrano-mocznikowy, mieszanina 50% / 50% saletry amonowej i mocznika, podlega przemianom i proporcjonalnym stratom jak jej składniki.

Azot z formy amidowej (mocznika)

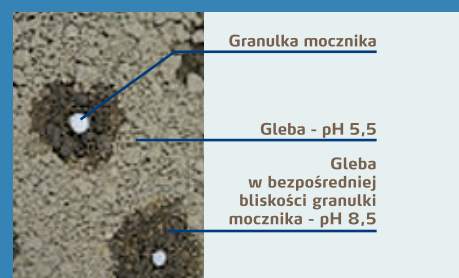
Korzenie roślin nie absorbują bezpośrednio mocznikowej postaci azotu w znaczących ilościach. Mocznik musi być najpierw hydrolizowany do formy amonowej, co trwa pomiędzy jednym dniem a jednym tygodniem, w zależności od temperatury. Do hydrolizy potrzebna jest wilgoć.

Azot amonowy, powstały w wyniku hydrolizy mocznika, nie zachowuje się jednak dokładnie tak samo jak azot amonowy z YaraBela™ NITROMAG® lub saletry amonowej.

Hydroliza mocznika prowadzi do krótkotrwałego, gwałtownego podniesienia pH gleby w bezpośrednim sąsiedztwie zastosowanych granulek mocznika.

To przesuwają naturalną równowagę pomiędzy NH₄⁺ i NH₃ w kierunku tej drugiej postaci, prowadząc do wysokich strat w wyniku ułatwienia do atmosfery. Straty te są główną przyczyną niższej skuteczności azotu obserwowanej przy stosowaniu mocznika. Z tego też powodu mocznik – zawsze kiedy jest to możliwe – powinien być mieszany z glebą bezpośrednio po zastosowaniu.

W dłuższym czasie mocznik, jak również inne źródła azotu, ma zakwaszający wpływ na glebę.



Rycina 4: Hydroliza mocznika prowadzi do lokalnego podniesienia pH gleby, skutkiem czego powstaje w przewodzie NH₃ niż NH₄⁺, w efekcie końcowym wzrasta ułatwienie = strata.

Zapewnianie optymalnego plonu



Złota zasada używania nawozów jest prosta: stosować właściwą ilość azotu we właściwej formie, w odpowiednim czasie. Nawozy z azotem we właściwych formach uwalniają azot i precyzyjnie działając, obniżają straty i poprawiają pobieranie przez rośliny składników pokarmowych.

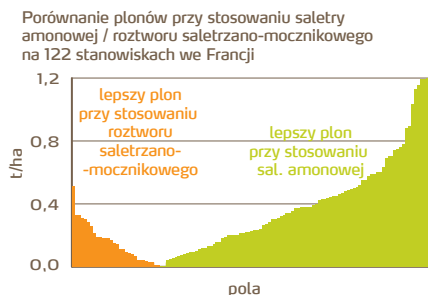
W badaniach polowych saletra YaraBela™ NITROMAG® i saletra amonowa konsekwentnie przynosiły wyższy plon i lepszą jego jakość niż mocznik i roztwór saletrzano-mocznikowy. Najlepsza praktyka rolnicza oraz precyzyjne narzędzia uprawy mogą jeszcze polepszyć skuteczność nawozów.

Optymalizowanie plonu i jakości

Różne mineralne źródła azotu mają różny wpływ na plon i jakość plonu. Europejscy farmerzy dobrze o tym wiedzą od dziesięcioleci. Różna efektywność źródeł azotu mineralnego jest głównie wynikiem różnej szybkości działania i strat, szczególnie z ulatniania, sorpcji biologicznej, ale też przez wyptukiwanie. Niektóre z tych strat są powiększane niedopasowaniem terminu stosowania azotu i jego pobierania przez rośliny. Poparzenie liści może również wpływać na plon. Większą część obniżonej efektywności, obserwowanej przy stosowaniu mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego, trzeba rekompensować wyższym dawkowaniem azotu oraz kosztem zwiększonego obciążenia środowiska.

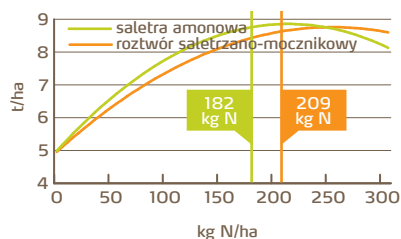
Francja

We Francji, pomiędzy 1987 r. a 2004 r., francuski Instytut Badań nad Roślinami Uprawnymi Arvalis oraz firma Yara przeprowadziły 122 próby polowe z pszenicą ozimą na rozmaitych rodzajach gleb. Przy średnim optymalnym poziomie N w wysokości 183 kg/ha saletra amonowa wyprodukowała o 0,26 t więcej plonu oraz o 0,75 punktu wyższą zawartość białka niż roztwór saletrzano-mocznikowy. Podczas stosowania roztworu saletrzano-mocznikowego potrzebne było dodatkowe 27 kg azotu na 1 ha (15%), aby osiągnąć optimum ekonomiczne [4].



Rycina 5: Francja. Spośród 122 pól nawożonych przy optymalnym poziomie N 75% wyprodukowało lepszy plon przy stosowaniu saletry amonowej, a tylko 25% wyprodukowało lepszy plon przy stosowaniu roztworu saletrzano-mocznikowego [4].

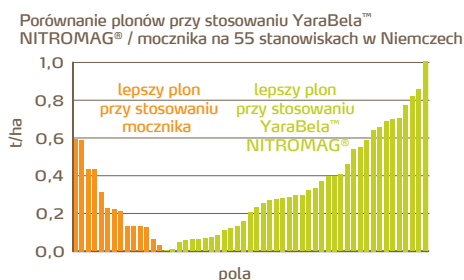
Krzywe reakcji na dawkę N dla saletry amonowej i roztworu saletrzano-mocznikowego we Francji



Rycina 6: Krzywe reakcji na dawkę N dla prób wskazują, że do osiągnięcia optimum ekonomicznego potrzebne było średnio dodatkowo 27 kg azotu przy stosowaniu roztworu saletrzano-mocznikowego [4].

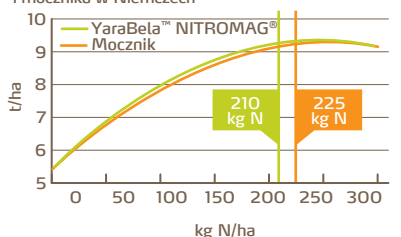
Niemcy

W Niemczech, pomiędzy 2004 r. a 2010 r., firma Yara przeprowadziła 55 prób polowych ze zbożami ozimymi i różnymi rodzajami gleb. Przy średnim optymalnym poziomie N w wysokości 210 kg/ha saletra YaraBela™ NITROMAG® wyprodukowała o 2% więcej plonu oraz o 0,23 punktu wyższą zawartość białka niż mocznik. Podczas stosowania mocznika potrzebne było dodatkowe 15 kg azotu na 1 ha (7,1%), aby osiągnąć optimum ekonomiczne [6].



Rycina 7: Niemcy. Spośród 55 pól nawożonych przy optymalnym poziomie N 75% wyprodukowało lepszy plon przy stosowaniu saletry YaraBela™ NITROMAG®, a tylko 25% wyprodukowało lepszy plon przy stosowaniu mocznika [5].

Krzywe reakcji na dawkę N dla YaraBela™ NITROMAG® i mocznika w Niemczech



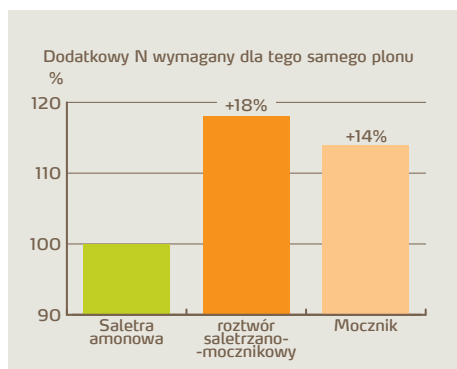
Rycina 8: Krzywe reakcji na dawkę N dla prób wskazują, że do osiągnięcia optimum ekonomicznego potrzebne było średnio dodatkowo 15 kg azotu przy stosowaniu mocznika [5].

Wielka Brytania

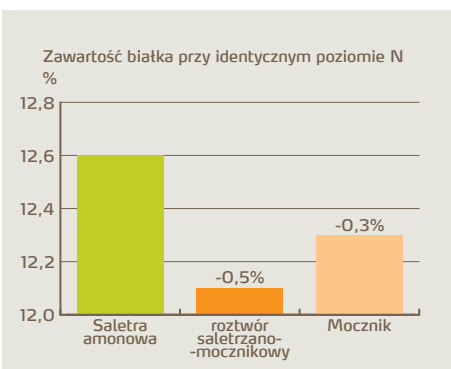
Najbardziej obszerne badania, porównujące różne postacie nawozów azotowych, wykonano w imieniu rządu Wielkiej Brytanii pomiędzy 2003 r. a 2005 r. (dla Ministerstwa Środowiska, Żywności i Spraw Wsi, DEFRA) [6]. Oprócz różnic ilościowych badania te uwidoczniły zmienność wyników obserwowanych przy stosowaniu mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego. Dlatego wymagane poziomy stosowania azotu nie mogą być przewidywane z tą samą niezawodnością jak przy stosowaniu saletry amonowej.

	Mocznik	Roztwór saletrzano-mocznikowy
Utracony plon przy identycznych poziomach stosowania azotu	0,39 t/ha	0,31 t/ha
Utracone białko przy identycznych poziomach stosowania azotu	0,3%	0,5%
Wymagany dodatkowy azot w celu utrzymania plonu	14%	18%

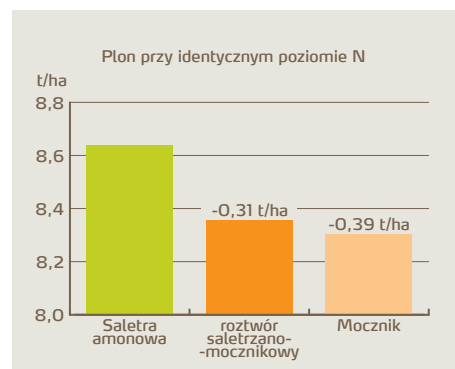
Tabela 2: Wielka Brytania. Stosowanie na zboża mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego prowadziło do obniżonej efektywności w porównaniu ze stosowaniem saletry amonowej [6].



Rycina 9: Do utrzymania tego samego plonu potrzebne było więcej azotu z mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego niż z saletry amonowej [6].



Rycina 10: Zawartość białka była niższa na polach nawożonych mocznikiem lub roztworem saletrzano-mocznikowym niż na polach nawożonych saletrą amonową [6].



Rycina 11: Plon był również niższy przy stosowaniu mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego niż przy stosowaniu saletry amonowej [6].

Nawozy saletrzone a dyrektywa azotanowa

Dostosowanie nawozów do potrzeb roślin w obliczu obowiązujących przepisów prawa

Azot powinien być dostępny w optymalnych ilościach. Ważne jest, aby nie ograniczał wzrostu rośliny uprawnej. Nadmierne ilości azotu mogą być szkodliwe dla środowiska lub prowadzić do luksusowego pobrania przez rośliny.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r., określające m.in. zasady stosowania nawozów azotowych, zostało opublikowane w Dzienniku Ustaw w sprawie przyjęcia:

„Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”.

Przepisy zawarte w ww. rozporządzeniu określają jednoznacznie m.in. termin stosowania nawozów zawierających w swoim składzie azot. Wiosenny termin aplikacji najważniejszego plonotwórczego składnika żywieniowego rośliny można zacząć 1 marca.

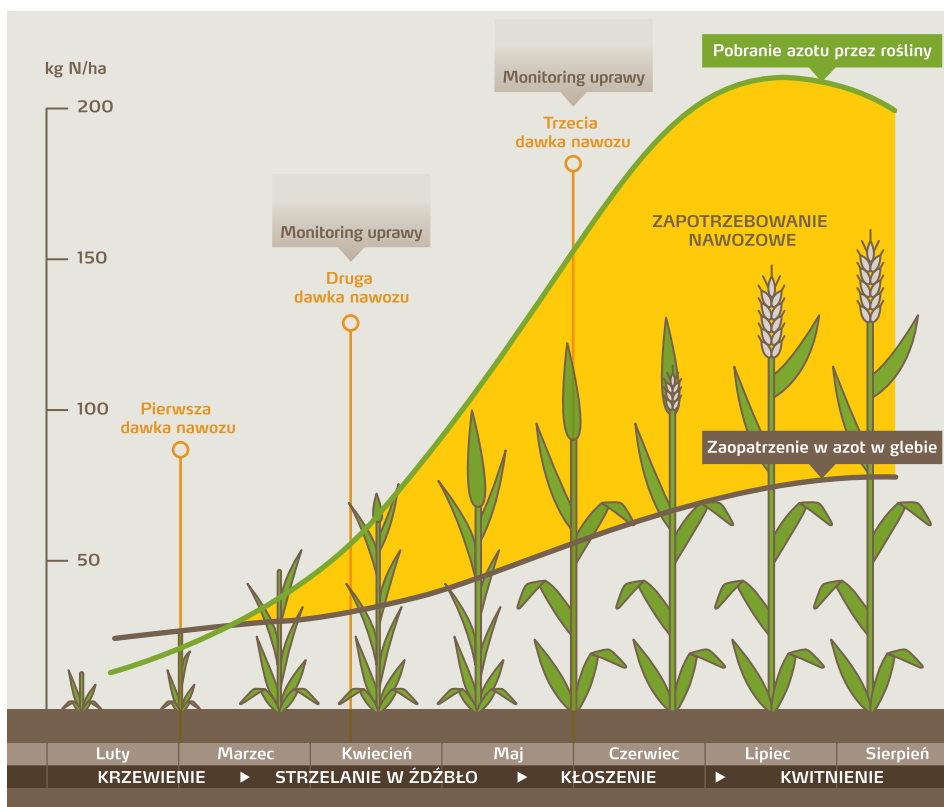
Analiza sytuacji pogodowej z wielolecia z różnych rejonów Polski wykazuje, że 1 marca wiosenna wegetacja oziminy już trwa. Im prędzej rusza wegetacja, tym silniej mamy do czynienia z pogłębiającym się głodem azotowym, w szczególności w rzepaku. Dlatego konieczne jest działanie mające na celu jak najbardziej efektywne i szybkie odżywienie oziminy azotem. Należy sobie zatem zadać pytanie:

Co możemy zrobić? Jakże nawozy stosować, aby rośliny w tak ważnym momencie startu wiosennego nie odczuwały głodu?

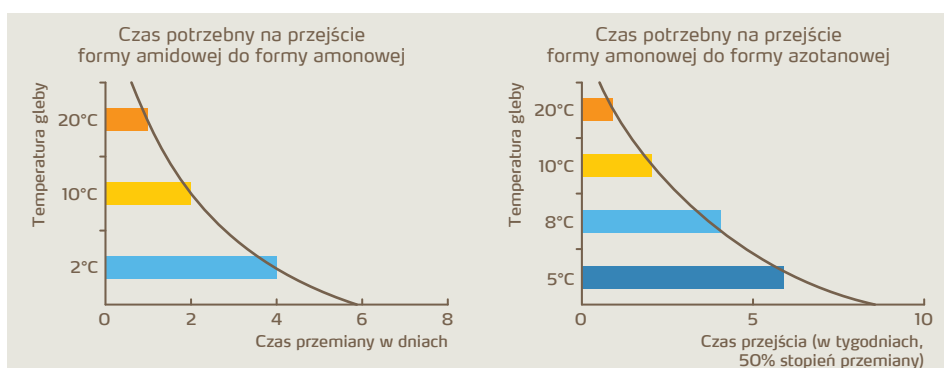
Na stronie 6 tej broszury zostały omówione i przedstawione przemiany azotu w glebie. Na rycinie 3 bardzo wyraźnie widać, że rośliny najchętniej i najszybciej pobierają formę azotanową NO_3^- . Badania wykazują, że nawet powyżej 80% N pobierane jest przez rośliny w formie saletrzonej, a najdłużej w glebie zachodzi przemiana mocznika, czyli formy amidowej azotu.

Procesy przemian azotu (z formy amidowej w formę amonową oraz kolejny etap przejścia N do formy azotanowej) potrzebują czasu i zależne są w dużej mierze od temperatury gleby. Przedstawiają to schematy na dole strony.

Im niższa temperatura gleby, tym wolniej zachodzą procesy przemian azotu – co za tym idzie, również dostępność zastosowanego azotu. W obliczu późnego (względem ruszenia wegetacji) stosowania pierwszej dawki azotu bezwzględnie musi on zawierać szybko pobieraną formę saletrzaną. W innym przypadku uprawy będą wykazywać głód azotowy.



Rycina 12: Stosowanie dzielonych dawek saletry YaraBela™ NITROMAG® i saletry amonowej w pszenicy ozimej (pierwsza dawka 1 marca). Rzeczywiste potrzeby nawozowe zależą zarówno od zaopatrzenia gleby w azot, jak i zapotrzebowania roślin. Narzędzia, takie jak miernik azotu firmy N-Tester™ czy N-Sensor™, ułatwiają monitorowanie upraw oraz pomagają dokładnie dostosować dzielone dawki [5].



Źródło: Amberger & Vilsmeier, 1984 (Sturm, 1994)

Brak komfortu żywieniowego, zwłaszcza w początkowym okresie wzrostu rośliny, powoduje upóźnienie jej procesów życiowych. Roślina odbiera brak azotu, głównego pierwiastka plonotwórczego, jako sygnał do redukcji poszczególnych elementów struktury plonu.

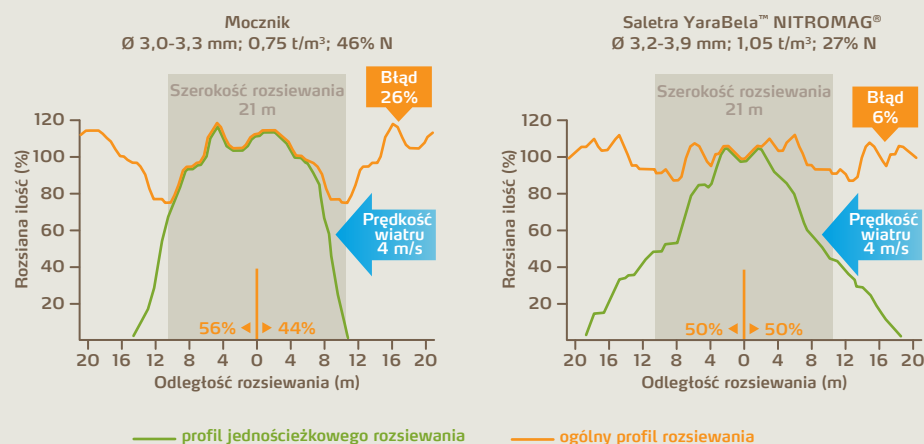
Najlepszym rozwiązaniem dla wiosennego nawożenia ozimin jest zastosowanie nawozu, który w swoim składzie zawiera 50% azotu w formie saletrzanej. Forma NO_3^- nie wymaga dodatkowych przemian w glebie, a przy odpowiednim uwilgotnieniu gleby jest natychmiast dostępna dla roślin. W wielu przypadkach staje się ratunkiem dla ozimin, które w obliczu wcześniejszego ruszenia wegetacji czy długiej wegetacji jesiennej wyczerpały azot z obszaru korzeniowego i zaczynają odczuwać głód pokarmowy.

Idealnym rozwiązaniem jest cała gama nawozów YaraBela™.

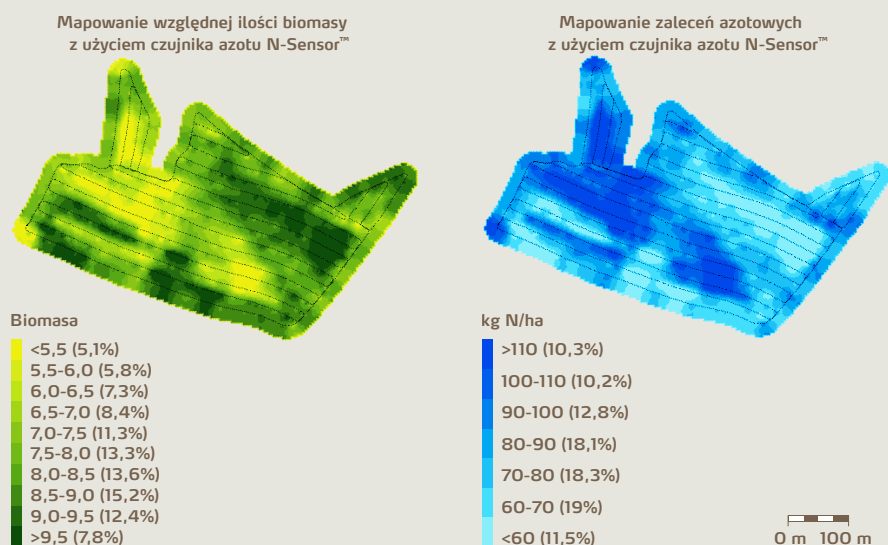
Zawarty w nich azot znajduje się w dwóch formach: amonowej i azotanowej, w proporcjach 50% na 50%. Pozwala to na możliwość szybkiego pobrania azotu saletrzanego, a jednocześnie na późniejsze pobranie azotu z formy amonowej. Dodatek składników drugoplanowych w nawozie YaraBela™ NITROMAG®, takich jak magnez i wapń, a w przypadku YaraBela™ SULFAN również siarki, przyczynia się do zwiększenia efektywności zastosowanego azotu. Warto również zwrócić uwagę na słusność wykorzystania nawozów YaraMila™ typu NITROFOSKA, które w jednej granuli zawierają nie tylko azot w obu formach, ale także fosfor, potas oraz inne makro- i mikroelementy wpływające na szybszą regenerację ozimin po zimie, a także lepszy wzrost tanu.

Decyzja o stosowaniu po 1 marca nawozów azotowych innych niż saletrzane będzie mogła skutkować niedożywieniem roślin i w konsekwencji spadkiem realnego plonu. W większości technologii nawożenia roślin uprawnych azotem stosujemy dzielone dawki tego składnika, co prezentuje Rycina 12. Jest to podyktowane wiedzą o możliwości znacznych strat wymienionego pierwiastka z gleby.

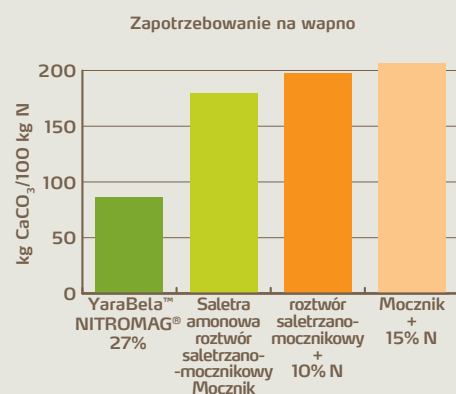
Ograniczenie określające możliwość aplikacji azotu po 1 marca jest faktem wynikającym z przepisów prawa. Kluczowy staje się zatem dobór odpowiedniej formy azotu. Taką formą jest forma saletrzana, która gwarantuje szybkie odżywienie głodnych roślin po zimie. Optymalne dopasowanie formy azotu do aktualnych potrzeb roślin oraz rzeczywistych zasobów składników pokarmowych w glebie maksymalizuje plon, minimalizuje oddziaływanie na środowisko i optymalizuje zysk.



Rycina 13: Błędy rozsywania, a w związku z tym straty, są wyższe przy stosowaniu mocznika niż YaraBela™ NITROMAG®. Nawet przy szerokości rozsywania wynoszącej tylko 21 m lekki wiatr o prędkości 4 m/s powoduje istotny błąd rozsywania w wysokości aż 26% dla mocznika [8].



Rycina 14: Czujnik azotu firmy Yara, N-Sensor™, automatycznie, w czasie rzeczywistym dostosowuje dawki azotu (niebieski kolor) w oparciu o mapowanie biomasy i chlorofilu (czerwony kolor), unikając zarówno nadmiernego, jak i obniżonego nawożenia. Pszenica ozima, Niemcy [5].



Rycina 15: Zapotrzebowanie na wapno przy stosowaniu saletry YaraBela™ NITROMAG® jest znacznie niższe niż w przypadku mocznika [9].



Rycina 16: Tester azotu firmy Yara N-Tester™ jest ręcznym narzędziem, które daje natychmiastową informację na temat rzeczywistych potrzeb azotowych roślin.

Zachowanie środowiska naturalnego

Saletra YaraBela™ EXTRAN 27 oraz saletra amonowa są czystymi składnikami pokarmowymi, które okazały się znacznie bardziej korzystne dla środowiska niż mocznik i roztwór saletrano-mocznikowy:

- niższy ślad węglowy cyklu życiowego, włączając produkcję i stosowanie,
- niższe uwalnianie amoniaku, nawet jeśli nie jest on wymieszany z glebą,
- niższy zbiorczy wskaźnik środowiskowy.

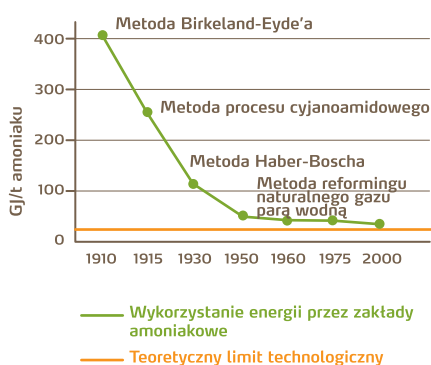
Optymalizowanie produkcji nawozów

Nawozy produkowane są przy wykorzystaniu azotu z atmosfery. Proces ten wymaga energii, a więc uwalnia CO₂, przyczyniając się do globalnego ocieplenia. W związku z nieustannymi udoskonaleniami europejskie zakłady produkujące nawozy działają obecnie blisko teoretycznego minimum energetycznego, a zakłady koncernu Yara są pod tym względem wśród najlepszych na świecie.

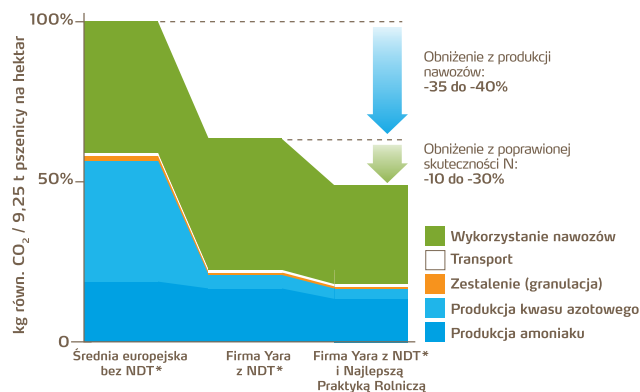
Oprócz CO₂ produkcja nawozów uwalnia również N₂O, gaz o silnych właściwościach cieplarnianych. Koncern Yara rozwinął prawnie zastrzeżoną technologię katalizatorów do obniżania większości N₂O, do tej pory uwalnianego podczas produkcji. Jako lider

w tym przemyśle firma Yara udostępniła technologię katalizatorów innym producentom nawozów na całym świecie.

Oddziaływanie nawozów na klimat może być mierzone przy pomocy śladu węglowego. Jest on wyrażany jako kilogram równoważników CO₂ na kilogram wyprodukowanego azotu (kg równ. CO₂/kg wyprod. N). Jednak aby zrozumieć rzeczywiste oddziaływanie produktu na klimat, potrzebne jest wykonanie analizy jego cyklu życia, łącznie ze wszystkimi krokami od produkcji do zastosowania. Szczegółowe porównanie śladu węglowego cyklu życia odpowiedniego dla różnych rodzajów nawozów podane jest w następniej części.



Rycina 17: Zużycie energii przez europejskie zakłady produkcyjne nawozów zmniejszyło się z czasem i obecnie jest bliskie teoretycznemu minimum [10].



* NDT: Najlepsza Dostępna Technologia

Rycina 18: Firma Yara obniżyła ślad węglowy produkcji nawozów amonowych o 35–40%. Polepszenie efektywności N w wykorzystaniu nawozów może przyczynić się do obniżenia o następne 10–30% [11] [12].



Poprawianie stosowania nawozów

Niepożądane skutki środowiskowe stosowania nawozów, czy to ze źródeł mineralnych, czy organicznych, nie są powodowane przez jakiekolwiek podstawowe właściwości tych pierwiastków chemicznych, ale są wynikiem utraconego azotu. Tam, gdzie takie straty są utrzymywane na małym poziomie, ujemne skutki środowiskowe są również minimalne.

Obniżanie ulatniania

Amoniak jest tracony w wyniku stosowania nawozów. Europejska inwentaryzacja emisji oszacowała, że 94% wszystkich emisji NH_3 jest spowodowane przez rolnictwo. Większość tych emisji pochodzi z organicznych źródeł, ale około 20% z mineralnych nawozów azotowych, głównie mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego.

Ulatnianie amoniaku oznacza bezpośrednią stratę azotu, a więc i pieniędzy. Strata ulotnionego amoniaku powoduje też istotne obciążenie środowiska. Stracony amoniak przemieszcza się ponad granicami państw, powodując zakwaszenie i eutrofizację gruntów i wód. Protokół z Göteborga Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych oraz Dyrektywa Unii

Europejskiej w sprawie Krajowych Pułapów Emisji (Dyrektywa Pułapowa) wprowadzone zostały w celu kontrolowania emisji amoniaku na poziomie krajów, niezależnie od ich źródeł.

Od dawna wiadano, że mocznik i roztwór saletrzano-mocznikowy generują wyższe straty niż saletra YaraBela™ NITROMAG® czy też saletra amonowa. Straty amoniaku z mocznika mogą być obniżone przez wymieszanie z glebą po wysianiu. Jednak jest to wykonalne tylko w przypadku upraw jarych. Straty z łąk, pastwisk są ogólnie uważane za większe niż z gleb uprawnych, ponieważ nawozy są zwyczajowo rozsiewane na powierzchni, a gruba warstwa traw posiada wysoką aktywność ureazy i niską zdolność absorpcyjną.

Straty parowania [% N]	Grunty uprawne		Łąki	
	EPMŚ*	DEFRA**	EPMŚ*	DEFRA**
Saletra YaraBela™ NITROMAG® / saletra amonowa	0,6%	3 (-3-10)%	1,6%	2 (-4-13)%
Roztwór saletrzano-mocznikowy	6%	14 (8-17)%	12%	Brak danych
Mocznik	11,5%	22 (2-43)%	23%	27 (10-58)%

* Europejski Program Monitoringu Środowiska

** Ministerstwo Środowiska, Rolnictwa i Spraw Wsi (Wielka Brytania)

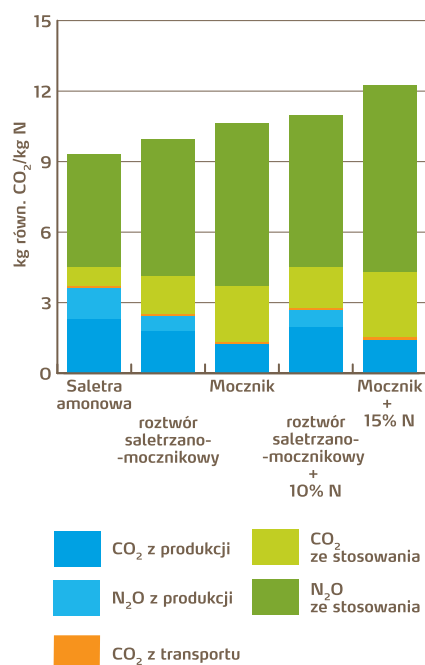
Tabela 3: Średnie emisje amoniaku na kilogram azotu zastosowanego dla różnych rodzajów nawozów. Dane z oficjalnej Europejskiej Inwentaryzacji Emisji Europejskiego Programu Monitoringu Środowiska (EPMŚ) oraz studium brytyjskiego Ministerstwa Środowiska, Rolnictwa i Spraw Wsi (DEFRA). We wszystkich przypadkach straty ulatniania są wyższe przy stosowaniu mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego niż przy stosowaniu saletry YaraBela™ NITROMAG® / saletry amonowej [13] [14] [15].

Łagodzenie zmian klimatu

Produkcja, transport i wykorzystanie nawozów mineralnych bezpośrednio i pośrednio przyczyniają się do emisji gazów cieplarnianych (GC), szczególnie dwutlenku węgla (CO_2) i podtlenku azotu (N_2O). Jednocześnie nawozy polepszają produktywność rolniczą i stymulują pobieranie CO_2 przez uprawy. Zwiększają one plon i redukują konieczność uprawiania nowych terenów, w ten sposób unika się emisji GC w związku ze zmianą użytkowania ziemi (sama zmiana użytkowania ziemi stanowi 20% globalnej emisji GC).

Analiza cyklu życia nawozów określa emisję GC oraz absorbowanie w produkcji, transporcie i magazynowaniu nawozów, jak również podczas stosowania i wzrostu upraw, tj. w każdym etapie „życia” nawozu. Zapewnia to lepsze zrozumienie tego, co można i co powinno się zrobić, aby poprawić ogólny bilans węgla. W celu umożliwienia porównania różnych GC są one przeliczane na równoważniki CO_2 (równ. CO_2). Na przykład 1 kg N_2O odpowiada 296 kg równoważników CO_2 , ponieważ N_2O posiada 296 razy silniejszy wpływ na klimat niż CO_2 . Liczba wynikająca z tego przeliczenia nazywana jest „śladem węglowym”.

Różne rodzaje nawozów posiadają różne ślady węglowe. Mocznik emituje mniej CO_2 podczas produkcji niż saletra amonowa. Przy rozsiewaniu różnica ta jest odwracana, ponieważ mocznik uwalnia CO_2 zawarty w swojej cząsteczce. Mocznik uwalnia również więcej N_2O podczas prowadzenia uprawy. Dlatego ślad węglowy cyklu życia jest wyższy dla mocznika niż dla saletry amonowej. Oprócz tego straty mocznika i niższa skuteczność azotu muszą być rekompensowane wyższym dawkowaniem, w przybliżeniu o 15%, powiększając ślad węglowy.



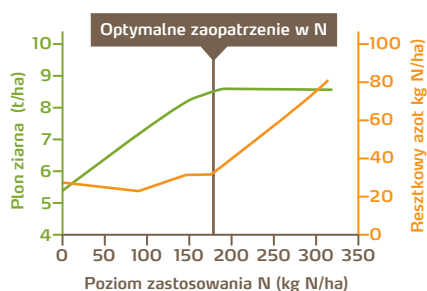
Rycina 19: Ślad węglowy cyklu życia dla saletry amonowej jest niższy niż dla mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego. Przy rekompensowaniu niższej skuteczności mocznika i roztworu saletrzano-mocznikowego wyższym dawkowaniem różnica ta jest jeszcze większa [16].



Kontrolowanie wyptukiwania

Podwyższona koncentracja azotu w ziemi i wodach powierzchniowych jest niepożądana. Dyrektywa Azotanowa Unii Europejskiej z 1991 r. ustaliła możliwy do tolerowania limit na 50 mg/l. Wyptukiwanie azotanów jest niezależne od źródła azotu. Może być ono spowodowane przez nawozy mineralne, organiczny obornik lub nawet substancję organiczną w glebie.

Wyptukiwanie azotanów występuje wtedy, kiedy gleba jest wysycona wodą, a azotany są wymywane poza strefę korzeniową przez przesączające się opady deszczowe lub nawadnianie. Azot azotanowy nie jest wiązany przez cząstki gleby i pozostaje w roztworze glebowym, gdzie przemieszcza się swobodnie z wodą w glebie. Azot amonowy jest głównie wiązany przez cząstki ilaste w glebie i dlatego też jest mniej podatny na wyptukiwanie. Mocznik jest szybko przekształcany w formę amonową i azotanową dzięki hydrolizie i nitryfikacji. Oprócz tego cząsteczka mocznika jest bardzo mobilna i może być wymywana



Rycina 20: Zawartość resztkowego azotu w glebie po żniwach, a tym samym ryzyko wyptukiwania, nie wzrasta dla poziomów zastosowania poniżej optymalnego zaopatrzenia N [17].

bezpośrednio do podglebia przez silne opady deszczowe.

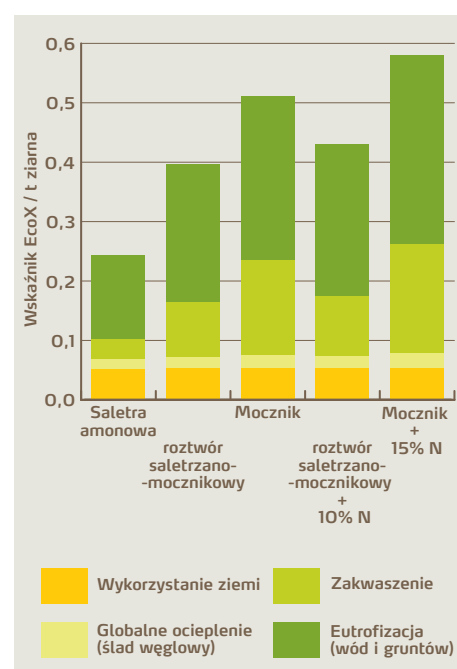
Większość straty azotu do wody występuje podczas zimy. Głównym celem jest więc minimalizowanie koncentracji azotanów w glebie pod koniec okresu wegetacyjnego. Dla zbóż ozimych zastosowanie azotu do poziomu ekonomicznego optimum nie zwiększa istotnie stężenia azotanów w glebie po żniwach. Optymalny poziom azotu minimalizuje też zawartość resztkowego azotu.

Można uniknąć wyptukiwania azotu dzięki stosowaniu Najlepszej Praktyki Rolniczej:

- Określić zawartość azotu w glebie dzięki częstemu pobieraniu prób i wykonywaniu analiz.
- Podzielić dawki azotu, aby zapewnić szybkie pobranie przez rośliny.
- Stosować nawozy z szybkim, dającym się przewidzieć uwalnianiem azotu, takie jak YaraBela™ NITROMAG® i saletra amonowa. Dostosować ilość azotu do prawdziwych potrzeb wszędzie, gdzie jest to możliwe, wykorzystując precyzyjne narzędzia uprawy.
- Brać poprawkę na głęboki i rozległy system korzeniowy tak, aby bardziej skutecznie wykorzystał azot.
- Utrzymywać porowatą strukturę gleby.
- Absorbować resztkowy azot, stosując uprawę poplonów i roślin ochronnych.
- Zapewnić zbilansowane żywienie, takie, aby dostępny azot mógł być pobierany.

Ocena ogólnej efektywności działań środowiskowych

Różne skutki środowiskowe produkcji nawozów i ich stosowania (wykorzystanie ziemi, eutrofizacja gruntów i wód, globalne ocieplenie oraz zakwaszenie) mogą być zsumowane w tak zwany wskaźnik środowiskowy EcoX. Wskaźnik ten mierzy obciążenie środowiska w oparciu o analizę cyklu życia. Wszystkie obciążenia są następnie porównywane dla celów instytucji europejskich, ważone i dodawane. Im wyższa jest wynikająca z tego liczba, tym wyższe jest obciążenie środowiska. Saletra YaraBela™ NITROMAG® oraz saletra amonowa oferują najniższy wskaźnik środowiskowy.



Rycina 21: Wskaźnik środowiskowy EcoX dla średniej z 15 prób polowych w Wielkiej Brytanii dla pszenicy ozimej przy poziomie 160 kg N/ha. Wskaźnik EcoX dla mocznika jest prawie dwa razy wyższy niż dla saletry amonowej [18].



W celu uzyskania dalszych informacji prosimy o skontaktowanie się z:

Yara Poland Sp. z o.o.
ul. Malczewskiego 26, 71-612 Szczecin
www.yara.pl

Doradcy agronomiczni:

Barbara Amroży, tel. +48 695 120 654
Mariusz Pawlus, tel. +48 695 120 656
Przemysław Bujnowski, tel. +48 695 330 025
Marek Tarczyński, tel. +48 695 330 892
Tomasz Szyński, tel. +48 721 450 116
Adres e-mail Zespołu Agronomów: agronom@yara.com

FIRMA Z SYSTEMEM JAKOŚCI CERTYFIKOWANYM PRZEZ DNV GL ISO 9001

Informacje zawarte w niniejszym dokumencie zostały opracowane zgodnie z najlepszą wiedzą i doświadczeniem Yara. Yara nie ponosi odpowiedzialności za nieprawidłowe i niezgodne z instrukcją stosowanie produktów Yara. Treść niniejszej publikacji nie może być powielana lub rozpowszechniana w żadnej formie i w żaden sposób bez uprzedniego zezwolenia Yara. Wszelkie znaki towarowe, znaki graficzne, nazwy własne, logotypy i inne dane są chronione prawem autorskim i należą wyłącznie do Yara.

O firmie Yara

Yara International ASA jest międzynarodową firmą z siedzibą główną w Oslo w Norwegii. Firma Yara specjalizuje się w żywieniu roślin oraz produktach dla zastosowań środowiskowych i przemysłowych. Jako największy światowy dostawca nawozów mineralnych od ponad stu lat pomagamy dostarczać żywność i odnawialną energię powiększającej się światowej populacji.

Z naszym długim doświadczeniem i głęboką wiedzą w zakresie produkcji i stosowania składników pokarmowych dla roślin uważamy, że nawozy mineralne odgrywają zasadniczą rolę w środowiskowo i ekonomicznie zrównoważonym rolnictwie.

Literatura

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003): World Agriculture towards 2015/2030.
- [2] Von Witzke, H., Noleppa, S. (2010): EU agricultural production and trade: can more efficiency prevent increasing 'land-grabbing' outside of Europe? Humboldt Universität zu Berlin.
- [3] Adapted from Kaarstad O. (1997): Fertilizer's significance for cereal production and cereal yields from 1950 to 1995. In: International symposium on fertilization and the environment (Mortwedt J. and Shaviv A.; Eds.). Haifa, Israel, April 1997.
- [4] Lesouder C., Taureau J. (1997): Fertilisation azotée, formes et modes d'actions. Perspectives Agricoles N° 221.
- [5] Yara International, Research Centre Hanninghof, Germany.
- [6] Dampney P., Dyer C., Goodlass G., Chambers B. (2006): Component report for DEFRA project NT2605/WP1a. Crop Responses.
- [7] Stamm R. (2006): Streufehler bei Seitenwind. DLZ Agrarmagazin 10:2006.
- [8] Agricon: www.agricon.de/produkte/yara-n-sensor/sensorvergleich
- [9] Sluijsmans C.M.J. (1970): Influence of fertilizer upon liming status of the soil. J. Plant Nutr. Soil Sci., 126.
- [10] Adapted from Anundskas A. (2000): Technical improvements in mineral nitrogen fertilizer production. In: Harvesting energy with fertilizers. European Fertilizer Manufacturers Association.
- [11] Pachauri R., Reisinger A. (2007): Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.
- [12] European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA), Annual Report 2008, Industry Benchmarks.
- [13] Dampney P., Chadwick D., Smith K., Bhogal A. (2004): Report for DEFRA project NT2603. The behaviour of some different fertiliser-N materials.
- [14] Chadwick D., Misselbrook T., Gilhespy S., Williams J., Bhogal A., Sagoo L., Nicholson F., Webb J., Anthony S., Chambers B. (2005): Component report for Defra project NT2605/WP1b. Ammonia Emissions and crop N use efficiency.
- [15] EMEP/CORINAIR Technical Report No. 16/2007.
- [16] Adapted from Brentrup, F. (2010). Yara International, Research Centre Hanninghof, Germany.
- [17] Baumgärtel G., Engels T., Kuhlmann H. (1989): Wie kann man die ordnungsgemäße N-Düngung überprüfen? DLG-Mitteilungen 9, 472-474.
- [18] Adapted from: Brentrup F., Küsters J., Lammel J., Barraclough P., Kuhlmann H. (2004): Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. Europ. J. Agronomy 20, 265-279.

