

GOSPODAROWANIE AZOTEM

JAK SPROSTAĆ TEMU WYZWANIU?



1

AZOT – NAJBARDZIEJ PLONOTWÓRCZA MOLEKUŁA

W warunkach glebowo-klimatycznych Polski azot jest czynnikiem w decydującym stopniu determinującym żyzność gleb.

Azot jest niezbędnym i niezastąpionym składnikiem pokarmowym roślin umożliwiającym uzyskanie zadowalających plonów o wysokiej jakości. Rolnicy powinni mieć zatem stałą kontrolę nad czynnikiem mającym wpływ na produkcję roślinną, jakim jest nawożenie azotem. Wadą mineralnych i naturalnych nawozów zawierających ten składnik są straty, jakim podlega po aplikacji. Azot niewykorzystany przez rośliny ulega wymywaniu w głąb gleby, przemieszczaniu do wód gruntowych oraz ulatniania się w powietrze. Zatem racjonalna gospodarka azotem wymaga bardzo dokładnego poznania procesów, jakim podlegają związki azotu w środowisku.

Naturalnym pierwotnym źródłem azotu dla roślin wyższych jest azot cząsteczkowy. Pierwszym etapem pozyskania azotu przez roślinę z tego źródła jest redukcja N_2 do NH_3 . Proces ten zachodzi z udziałem mikroorganizmów (bakterii, sinic, promieniowców) zawierających enzym nitrogenazę.

źródło: „Nawożenie roślin uprawnych 1”,
Witold Grzebisz, 2008

Przełomowego odkrycia w 1888 roku dokonali Martinus Beijerinck, Adam Prażmowski i Herman Hellriegel. Zauważyli, że bakterie brodawkowe *Rhizobium* żyjące w korzeniach roślin motylkowatych mają zdolność wiązania wolnego azotu atmosferycznego.



W Polsce pierwsza taka fabryka powstała w 1922 r. w Chorzowie, a kolejna w 1928 r. w Mościcach.



Produkcja nawozów azotowych rozpoczęła się w roku 1890 w Niemczech.

ŹRÓDŁA AZOTU MINERALNEGO I DZIAŁAJĄCEGO W GLEBIE

Głównymi, a w praktyce wyłącznymi, zewnętrznymi źródłami azotu mineralnego dla rolnictwa są:

- nawozy mineralne,
- opad mineralnych połączeń azotu z atmosfery.

Kolejnymi źródłami azotu, dostarczającymi jednak składnika w formie cząsteczkowych połączeń organicznych są:

- nawozy naturalne,
- resztki poźniwne roślin,
- azot wiązany biologicznie przez mikroorganizmy symbiotyczne i wolno żyjące.

OBIEG AZOTU W EKOSYSTEMIE ROLNICZYM

Azot mineralny występujący w glebie w postaci jonów amonowych i jonów azotanowych stanowi ilościowo mało znaczącą, ale z uwagi na dynamikę przemian tego składnika i jego rolę w odżywianiu roślin – najważniejszą pulę ogólnych zasobów azotu glebowego.

Pula ta jest stale uzupełniana w wyniku procesów mineralizacji glebowej substancji organicznej, opadu związków azotu z atmosfery oraz poprzez stosowanie nawozów mineralnych. Następuje równocześnie stale jej wyczerpywanie w wyniku pobierania azotu mineralnego przez rośliny i mikroorganizmy glebowe oraz strat na drodze wymywania jonów azotanowych i ulatniania gazowych połączeń azotu.

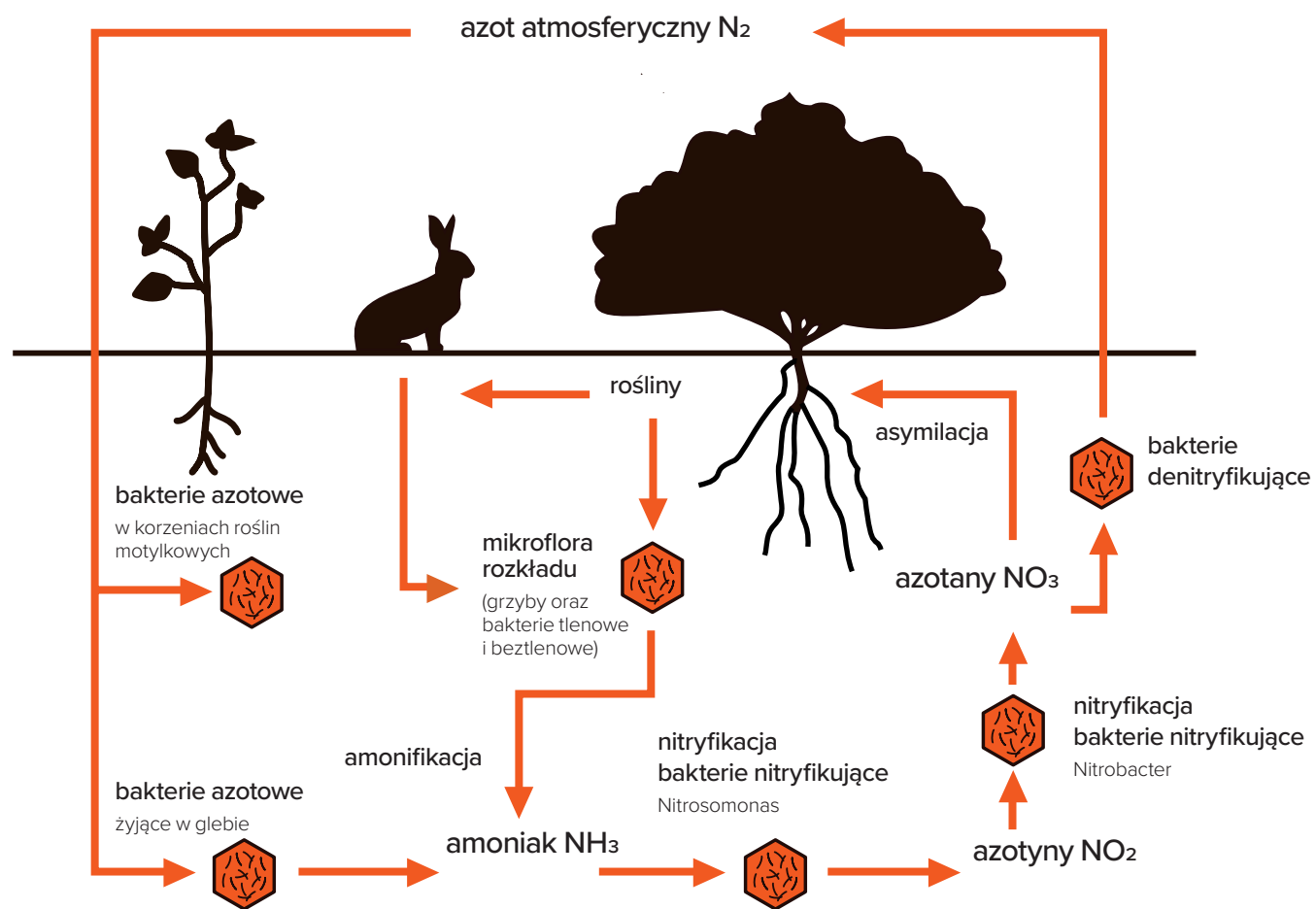
O przyswajalności azotu decydują więc biologiczne procesy mineralizacji związków organicznych prowadzące do powstawania jonów NH_4^+ i NO_3^- .

Procesy te są w znacznym stopniu uzależnione od warunków klimatycznych i glebowych. W efekcie ilość przyswajalnych form azotu w glebie podlega ciągłym zmianom w zależności od przebiegu temperatury i wilgotności gleby.

Pomimo trudności w określeniu zawartości azotu w glebie, z uwagi na wyjątkowo dużą dynamikę przemian związków azotowych w okresie wegetacji, oznaczanie zawartości azotu przyswajalnego w profilu glebowym znajduje obecnie zastosowanie zarówno w doradztwie nawozowym, jak i w kontroli stanu środowiska.



Cykl obiegu azotu w środowisku



Przyorując resztki poźniwne czy tzw. nawozy zielone oraz nawoząc obornikiem, rolnik liczy na to, że swoją pracę wykona „mikroflora rozkładu” i w procesie amonifikacji przekształci niedostępny dla roślin azot organiczny w amoniak. Amoniak w procesach nityfikacji prowadzonych przez inne bakterie zostanie przekształcony do azotanów łatwo pobieranych przez rośliny uprawne.

Inną, znaną rolnikom drogą wzbogacania gleby w azot jest uprawa roślin motylkowych, które świetnie współpracują z bakteriami azotowymi zasiedlającymi ich korzenie. Kiedyś standardem było umieszczanie roślin motylkowych w cyklu zmianowania – w ten sposób wzbogacano glebę w azot pochodzący z powietrza.

KTÓRE FORMY AZOTU SĄ NAJBARDZIEJ PRZYSWAJALNE DLA ROŚLIN?

W nawozach mineralnych azot obecny jest w trzech formach:

- azotanowej – saletrzanej ($N-NO_3^-$)
- amonowej ($N-NH_4^+$)
- amidowej ($N-NH_2$).

Każda z tych form charakteryzuje się innym sposobem działania. Jednak zastosowanie odpowiedniej formy azotu uzależnione jest przede wszystkim od aktualnych potrzeb roślin.

	AZOTANOWA	AMONOWA	AMIDOWA
Sposób i szybkość pobierania.	Szybkie działanie, roślina w krótkim czasie zaopatrzona jest w azot.	Wolniej pobierana przez rośliny i może być zatrzymywana w glebie.	Najdłuższy rozkład w glebie.
Jak działa?	Działa szybko, ale w krótkim czasie, niezalecana na aplikację dużej dawki azotu.	Przyczynia się do rozwoju systemu korzeniowego; ulega nityfikacji, czyli utlenieniu NH_4^+ do NO_3^- ; formy saletrzanej, najszybciej pobieranej przez rośliny.	Zaletą tej formy azotu jest udostępnianie roślinom azotu przez dłuższy okres czasu.
Warunki potrzebne do optymalnego działania.	Brak konieczności mieszania z glebą.	Po aplikacji wskazane jest wymieszanie z glebą.	Przejęcie w formę dostępną dla roślin wymaga wody i odpowiedniej temperatury; po aplikacji wskazane jest wymieszanie z glebą.
Moment stosowania.	Forma typowo pogłówna, uzupełniająca.	Forma typowo przedsiewna, dobrze działająca w niskich temperaturach.	Efektywniej działa w wyższych temperaturach.
Które pierwiastki stymuluje do pobierania?	Potas, magnez i wapń.	Fosfor, siarka i bor.	

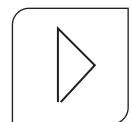
2 PODSTAWOWE NAWOZY AZOTOWE

Z chemicznego punktu widzenia nawozy azotowe dzieli się na grupy według zawartego w nich azotu na: amonowe (NH_4^+), saletrzone (NO_3^-), saletrzano-amonowe (NH_4^+ , NO_3^-) oraz amidowe (NH_2).



AMONOWE

Do nawozów amonowych zaliczany jest siarczan amonu. Jest on dobrze rozpuszczalny w wodzie, do stosowania przedsięwziętego. Kation amonowy jest sorbowany przez kompleks sorpcyjny gleby, co zapobiega jego wyptłukiwaniu. Jest nawozem fizjologicznie kwaśnym. Po rozsianiu nawóz ten wymaga wymieszania z glebą. Pozostawienie go na powierzchni prowadzi do utleniania się i strat azotu.



SALETRZANE

Wśród nawozów saletrzanych najpopularniejszym nawozem jest saletra wapniowa. Jest to nawóz fizjologicznie zasadowy, do stosowania pogłównie.

Saletra wapniowa, ze względu na zawarty wapń ceniona jest w uprawie warzyw. Jest to nawóz szybko działający, dlatego warto go stosować jako drugą lub trzecią dawkę azotu. Nawóz ten jest skuteczny, gdy rośliny rosną wolno np. w okresie chłódów, ponieważ azotan jest łatwo pobierany. Saletra wapniowa to również cenne źródło wapnia w dokarmianiu nalistnym.



SALETRZANO-AMONOWE

Nawozy saletrzano-amonowe – to np. saletra amonowa. Jest ona łatwo rozpuszczalna w wodzie, zawiera dwie formy azotu – azotanową i amonową. Forma azotanowa jest szybciej pobierana przez rośliny. Może być stosowana przed siewem lub pogłównie, a także dolistnie. Do tej grupy nawozów zaliczany jest też saletrzak – jest to saletra amonowa z węglanem wapnia lub azotan amonu z węglanem wapnia. Nawóz ten powinien być stosowany przedsięwzięcie.



AMIDOWE

Przykładem nawozu amidowego jest mocznik. Warto pamiętać, że zastosowany do gleby ulega hydrolizie przy udziale enzymu ureazy i przechodzi w węglan amonowy. Azot zawarty w moczniku przy optymalnej wilgotności powietrza 50–60%, odczynie gleby w zakresie pH 6,5–7,5 oraz temperaturze 20–30°C jest dostępny dla roślin już po upływie 2–4 dni od zastosowania. Natomiast w warunkach niekorzystnych może być dostępny dopiero po 20 dniach. Wynika to z tego, że tempo przekształcania azotu z mocznika zależy od aktywności mikrobiologicznej gleby, a ta aktywność zależy od temperatury. Wymieszanie mocznika z glebą przyspiesza proces nityfikacji. Mocznik stosuje się przedsięwzięcie i pogłównie. Może być używany do nawożenia nalistnego.



MIESZANE

Wśród nawozów azotowych dostępne są mieszaniny zawierające azot w różnych formach. Roztwór saletrzano-mocznikowy – zawiera azot w formie amonowej, azotanowej i amidowej. Jest to płynna mieszanina saletry amonowej i mocznika. Nawóz ten może być stosowany w formie grubokroplistego oprysku lub rozlewania specjalnymi węzami. Trzeba zachować ostrożność podczas aplikowania tego nawozu, ponieważ może uszkadzać rośliny. Przede wszystkim powinien być dozowany na suche zdrowe rośliny. Zabiegów nie wolno wykonywać po deszczu oraz w czasie upałów. Innym rozwiązaniem jest mieszanina saletr z siarczanem amonu, które można stosować przed wegetacyjnie lub pogłównie.

10 TON AZOTU ZALEDWIE METR NAD ZIEMIĄ!

Taka ilość azotu znajduje się w 29 tonach saletry amonowej. To więcej niż cały TIR tego nawozu dostępny w warstwie powietrza tuż nad glebą. TIR azotu stoi już na Twoim polu.

3 STRATY AZOTU

Od początku rozwoju chemii rolnej wiadomo o nieuniknionych stratach azotu w trakcie produkcji rolniczej i wszystkie dostępne dane wskazywały, że są one duże.

Całą więc uwagę skupiono na odpowiednim gospodarowaniu nawozami naturalnymi, głównym źródłem strat. Rozwój przemysłu azotowego w drugiej połowie XX wieku skutkował łatwą dostępnością tanich nawozów azotowych i dlatego przestano postrzegać straty azotu jako przyrodnicze lub ekonomiczne ograniczenie

produkcji. Dopiero stwierdzenie ujemnych skutków zanieczyszczenia wody do picia azotanami pochodzącymi z rolnictwa zwróciły uwagę opinii publicznej na rolnictwo jako źródło zanieczyszczenia środowiska, zwłaszcza zasobów wody. W ocenie strat azotu do zasobów wody główne ilościowe znaczenie mają azotany i ich wymywanie do wód gruntowych. Straty azotu amonowego i organicznego są nieporównywalnie mniejsze. Stosunkowo małe straty azotu następują również w wyniku spływu powierzchniowego lub erozji. Wynika to z bardzo dobrej rozpuszczalności azotanów w roztworze glebowym i niesorbowaniem ich przez glebę.

Niedobory azotu w uprawie zbóż



4 OCHRONA AZOTU W NAWOZACH

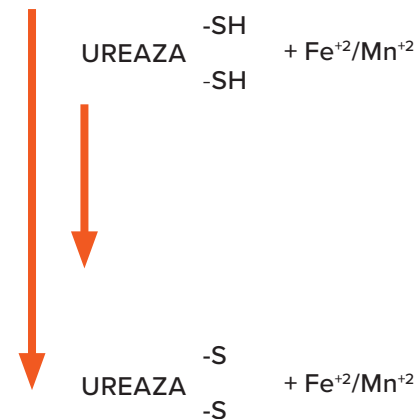
Coraz większą rolę w nawożeniu azotowym roślin odgrywają stabilizatory azotu. Na rynku dostępne są ich dwa główne rodzaje o różnym działaniu: inhibitory nitryfikacji i inhibitory ureazy.

Inhibitor wpływa na przemiany azotu amonowego do azotynów w I etapie nitryfikacji, utrudniając zajście procesu. Spowalnia on i ogranicza rozwój i metabolizm bakterii nitryfikacyjnych rodzaju *Nitrosomonas*.



Działanie inhibitora ureazy dotyczy rozkładu w mocznika w glebie, gdzie proces przekształcania formy amidowej azotu $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ w formę amonową NH_4^+ odbywa się samorzutnie pod wpływem enzymu ureazy. Inhibitory ureazy zapewniają ochronę formie mocznikowej występującej w zastosowanym nawozie, blokując czasowo enzym ureazę katalizującą hydrolizę mocznika w glebie. Efektem działania inhibitorów jest ograniczenie strat i stabilizacja przyswajalnego azotu w strefie systemu korzeniowego roślin, co powoduje zwiększenie dostępności azotu dla roślin.

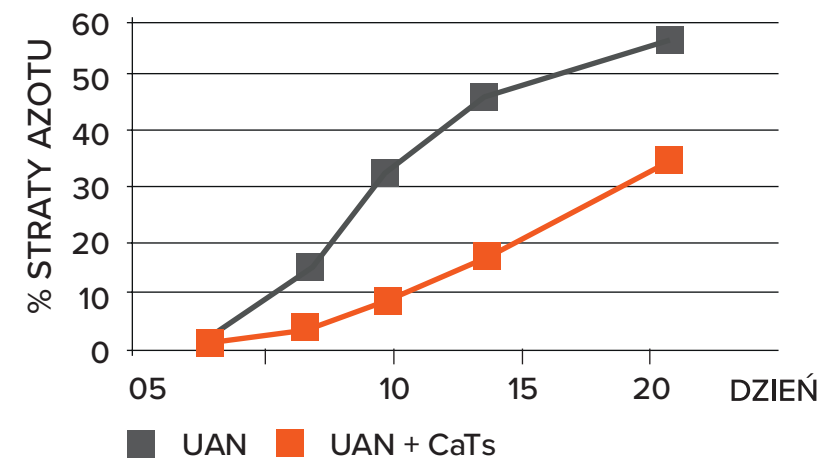
Do najnowszych i najbardziej obiecujących inhibitorów ureazy należy grupa związków tiosiarczanowych. Nie wpływają one bezpośrednio na enzym ureazę, a jedynie pośrednio hamują jego działanie po interakcji z glebą. Tiosiarczany reagują szybko i abiotycznie z glebą, tworząc tetratonaty i wyzwalając jony żelaza i manganu.



Jednymi z najbardziej obiecujących produktów na rynku, należącymi do grupy tiosiarczanów, są CaTs oraz KTS. Podnoszą one efektywność nawożenia azotem i działają jak stabilizatory azotu oraz inhibitory ureazy.

5 JAK MOŻEMY ZATRZYMAĆ AZOT W GLEBIE?

BADANIE ULATNIANIA SIĘ AMONIAKU, DSAC 2006
WILLIS THORNSBERRY, Jr., Ph.D., CONSULTANT



CaTs – PODNOSI EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA NAWET O 30%

Efektywność tych produktów wykazano w wielu doświadczeniach ścisłych i aplikacyjnych, przeprowadzanych od kilkunastu lat. Ograniczenie strat azotu w formie amidowej, w zależności od formy aplikacji oraz rodzaju nawozu, osiągało poziom nawet 30%.

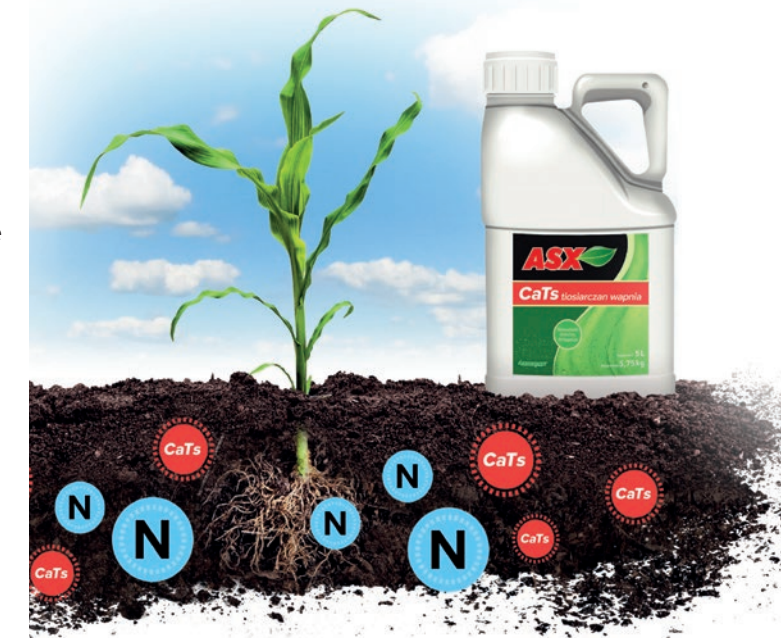
CaTs TO PANACEUM NA STRATY ZWIĄZANE Z NAWOŻENIEM AZOTOWYM

Najczęstsze przyczyny strat azotu, wpływające na osłabienie kondycji roślin oraz spadek jakości i wielkości plonu:

- uprawa roślin,
- erozja wodna i glebowa,
- procesy denitryfikacji.

CaTs zwiększa dostępność azotu, którego szczególnie potrzebują młode rośliny wczesną wiosną oraz w trakcie wegetacji.

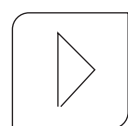
Uprawa:	Termin	Dawka:
RZEPAK	Po ruszeniu wegetacji wiosennej i 10–14 dni później	15–20 l/ha
ZBOŻA OZIME	Po ruszeniu wegetacji wiosennej i do strzelania w źdźbło	15–10 l/ha
KUKURYDZA	W fazie 6–8 liści i przed zwarciem rzędów	15–10 l/ha
DRZEWA I KRZEWY OWOCOWE	Przed i po kwitnieniu	15–10 l/ha



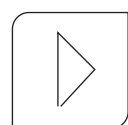
6

NIENAWOZOWE ŹRÓDŁA AZOTU – RHIZOSUM N plus

Coraz większego znaczenia w gospodarce rolnej nabiera zagadnienie dotyczące wpływu różnych populacji mikroorganizmów glebowych na wzrost i rozwój roślin.



Około 80% ziemskiej atmosfery stanowi azot atmosferyczny N₂. Niestety w tej formie jest on niedostępny dla roślin. Procesem, który umożliwia jego wykorzystanie przez rośliny, jest biologiczne wiązanie azotu. Jest on ważny zarówno pod względem ekonomicznym, jak i ekologicznym. Zdolność uruchomienia tego procesu mają tylko pewne grupy mikroorganizmów nazywane diazotofami. Wśród powszechnie znanych i docenianych przez praktykę rolniczą systemów zdolnych do wiązania azotu ważne miejsce zajmuje symbiotyczny układ tworzony przez rośliny bobowate i bakterie z rodziny Rhizobiaceae.



Duże znaczenie mają także drobno-ustroje zaliczane do grupy bakterii promujących wzrost roślin, wśród których znajdują się m.in. bakterie z rodzaju Azotobacter. Należą one do niesymbiotycznych bakterii wiążących azot atmosferyczny, bez konieczności wchodzenia w symbiozę z roślinami. Zawierają nitrogenazę – enzym, który redukuje azot atmosferyczny do jonu amonowego (NH₄⁺).



Zaopatrzenie roślin w dodatkowy azot jest możliwe dzięki **Rhizosum N plus**. Produkt ten oparty jest o nowy szczep wolnożyjących w glebie bakterii *Azotobacter salinestris*. Mikroorganizmy te zasiedlają ryzosferę i asymilują azot.

Dodatkowo poprawiają sprawność biologiczną gleby w roku zastosowania, ale również podczas kolejnych sezonów wegetacyjnych. Ponadto zapewniają dostępność azotu niezależnie od warunków pogodowych. Są bakteriami niesymbiotycznymi, wolnożyjącymi, dzięki czemu mogą być stosowane w dowolnej uprawie.

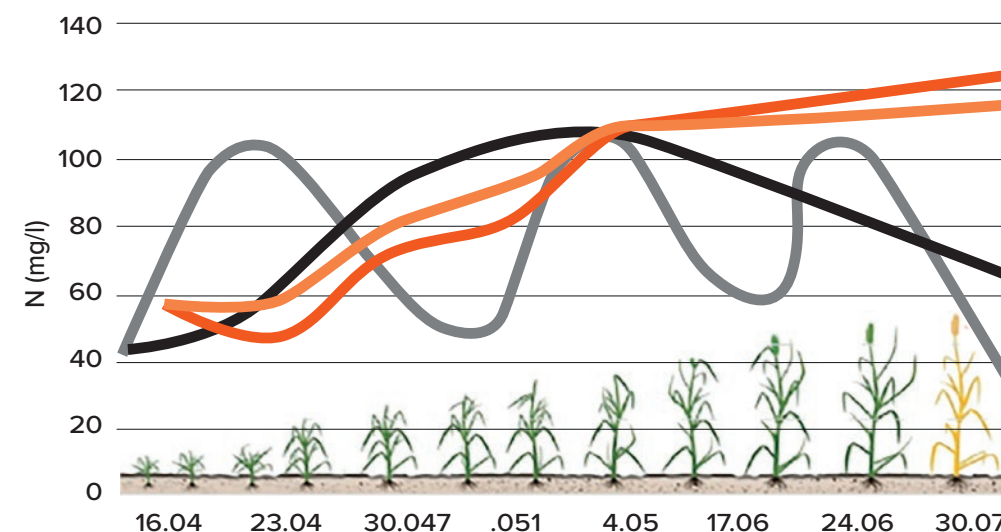
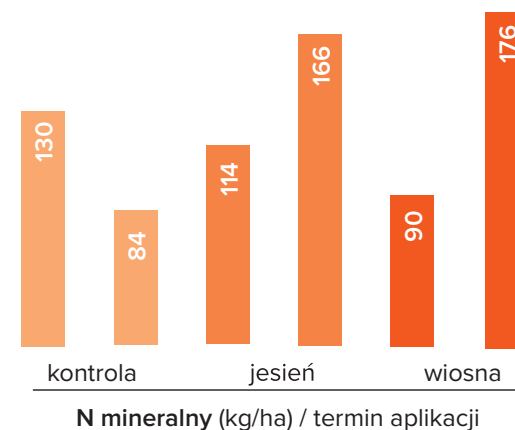
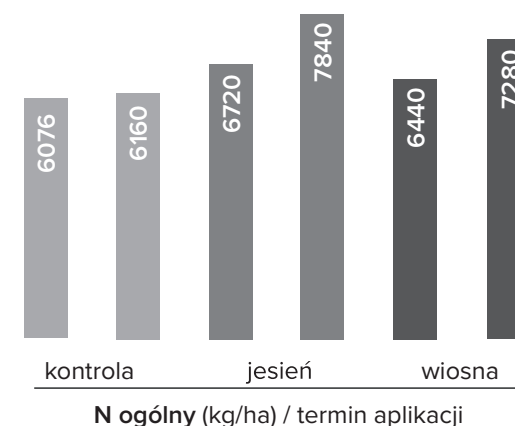


NAGRODA SPECJALNA TYGODNIKA „WPROST” ZA INNOWACYJNY PRODUKT DLA ROLNICTWA!



Badania naukowe dowodzą, że **Rhizosum N plus** stosowany dogłębowo w uprawach zbóż, rzepaku, buraków, tytoniu, ziemniaków lub warzyw przyczynia się do wzrostu plonu roślin. Bakterie *Azotobacter salinestris* wpływają na zasobność gleby w azot ogólny i mineralny, nie tylko poprzez zdolność do biologicznego wiązania azotu, ale również poprzez zwiększenie możliwości jego pobierania przez rośliny.

RHIZOSUM N PLUS WZROST ZAWARTOŚCI N W GLEBIE (pszenica ozima – dawka 25 g/ha)



Bakterie *Azotobacter salinestris* to bakterie bardzo żywotne i szybko się namnażające. Już niewielka ilość preparatu **Rhizosum N plus** tj. 25 g/ha (1,3*10⁶ jtk/g) wystarczy, aby zapewnić efektywne działanie i ekspresowe opanowanie środowiska glebowego. Podczas podziałów ich liczebność każdorazowo zwiększa się dwukrotnie. **Rhizosum N plus** zawiera dodatkowo 80% substancji organicznej w s.m. oraz 0,45% żelaza i 4,5% manganu rozpuszczalnego w wodzie. Produkt powinien być zastosowany przed siewem w formie opryskiwania gleby.

RHIZOSUM N PLUS WPŁYW ZASTOSOWANIA NA PLON (aplikacja jesienna)

Rzepak ozimy Chrobry (2020)	Plon t/ha	
Kontrola – pełne NPK	2,38	
Rhizosum N – pełne NPK + 25 g Rhizosum N	2,86	+ 0,48 t/ha
Pszenvica ozima Hondia (2020)	Plon t/ha	
Kontrola – pełne NPK	7,10	
Rhizosum N – pełne NPK + 25 g Rhizosum N	8,12	+ 1,02 t/ha

Zjawisko biologicznego wiązania azotu doskonale wpisuje się również w założenia rolnictwa ekologicznego. Sprawia bowiem, że możemy obniżyć ilość stosowanych nawozów mineralnych. Dlatego produkt **Rhizosum N plus** posiada świadectwo kwalifikacji dla rolnictwa ekologicznego nr NE/558/2020.

Oba rozwiązania, ochrona azotu nawozowego oraz nienawozowe źródła azotu, wpływają pozytywnie na gospodarkę nawożeniem azotem, dostosowując dostępność azotu w glebie do potrzeb rośliny.

Pozytywny wpływ przedstawionych rozwiązań na wzrost i rozwój roślin oraz żyzność gleby wydaje się wychodzić naprzeciw obecnej polityce rolnej Unii Europejskiej i naszego kraju, mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska ze źródeł rolniczych.

Rhizosum N plus RSM + CaTs

Optymalne zaopatrzenie

Tradycyjne nawożenie



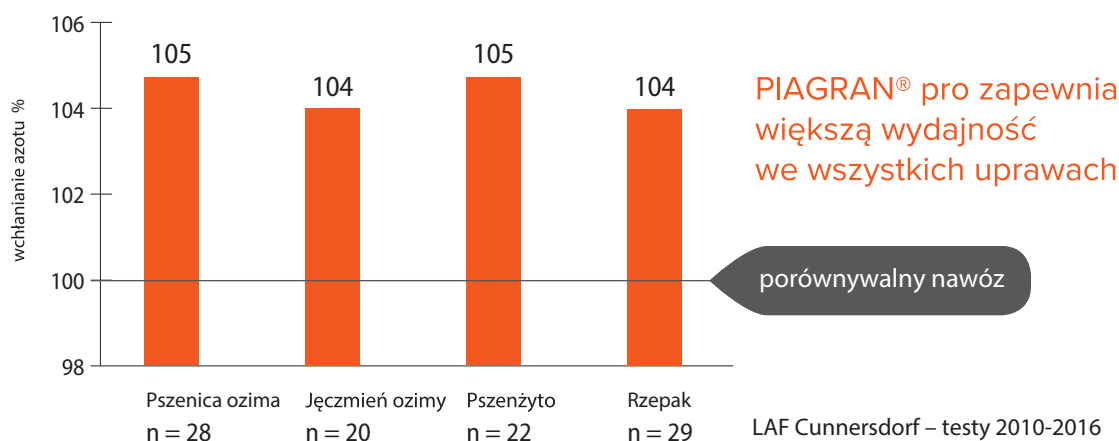
7 MOCZNIK NA TRUDNE WARUNKI ZE SKUTECZNĄ OCHRONĄ AZOTU

PIAGRAN® pro

Straty amoniaku przy nawożeniu mocznikiem mogą wystąpić w wyższych temperaturach i przy przedłużających się okresach suszy, szczególnie na glebach mniej zasobnych, o niskim pH. Takie warunki pogodowe są coraz częstsze. Inhibitor ureazy 2-NPT zawarty w PIAGRAN® pro opóźnia hydrolizę mocznika, zapobiegając uwalnianiu amoniaku do powietrza i ograniczając jego straty. Umożliwia to uzyskanie wysokiego poziomu skuteczności nawożenia azotem, nawet w krytycznych warunkach.

PIAGRAN® pro chroniony jest przed stratami azotu inhibitorem 2-NPT, umieszczonym w całej objętości granul nawozu. Zapewnia to uzyskanie wyższych plonów o odpowiedniej jakości i zysku we wszystkich uprawach, poprzez poprawę odżywienia roślin azotem. Jest szczególnie skuteczny w glebach o wysokiej aktywności ureazy oraz na stanowiskach o niskiej zdolności wiązania jonów amonowych. Dotyczy to użytkowania w następujących warunkach:

- w okresach suszy,
- przy wysokich temperaturach powyżej 20°C,
- przy bardzo niskiej pojemności sorpcyjnej gleby,
- na glebach zasadowych (pH 7,5 i powyżej),
- na pastwiskach.



Uprawa	Data aplikacji	kg/ha N	PIAGRAN® pro (kg/ha)	
RZEPAK	Pierwsza aplikacja	Koniec lutego, początek marca	80–120	170–260
	Druga aplikacja	Niewielkie pączki (BBCH 39/51)	60–100	130–220
ZBOŻA OZIME	Pierwsza aplikacja	Początek wzrostu	40–80	90–170
	Druga aplikacja	BBCH 30–32	40–80	90–170
	Trzecia aplikacja	BBCH 39–51	40–60	90–130
	Czwarta aplikacja	BBCH 55–59	do 60	do 130
ZBOŻA JARE	Pierwsza aplikacja	Przy siewie	40–100	90–220
	Druga aplikacja	BBCH 30–32	20–60	40–130
SŁÓD	Pierwsza aplikacja	Przy siewie	20–100	40–220
KUKURYDZA	Pierwsza aplikacja	Przy siewie	100–180	220–390
ZIEMNIAKI	Pierwsza aplikacja	Przy sadzeniu	60–120	130–260
	Druga aplikacja	Przed zwieraniem rzędów lub co 10 kg/ha N rozpuszczonego do oprysku mieszaniną do zwalczania zarazy	40–60	90–130
BURAK CUKROWY	Pierwsza aplikacja	Ok. 2 tyg. przed siewem	60–120	130–260
	Druga aplikacja	Do 20 maja	30–40	60–90
PASTWISKA	Pierwsza aplikacja	Początek wzrostu	80–100	170–220
	Ponowne nawożenie	Po każdym koszeniu	40–60	90–130

