



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



URZĄD MARSZAŁKOWSKI
WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Produkcyjne i środowiskowe aspekty nawożenia azotem


BIOBALT 

Dr hab. Witold Szczepaniak

Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu



Tematyka wykładu:

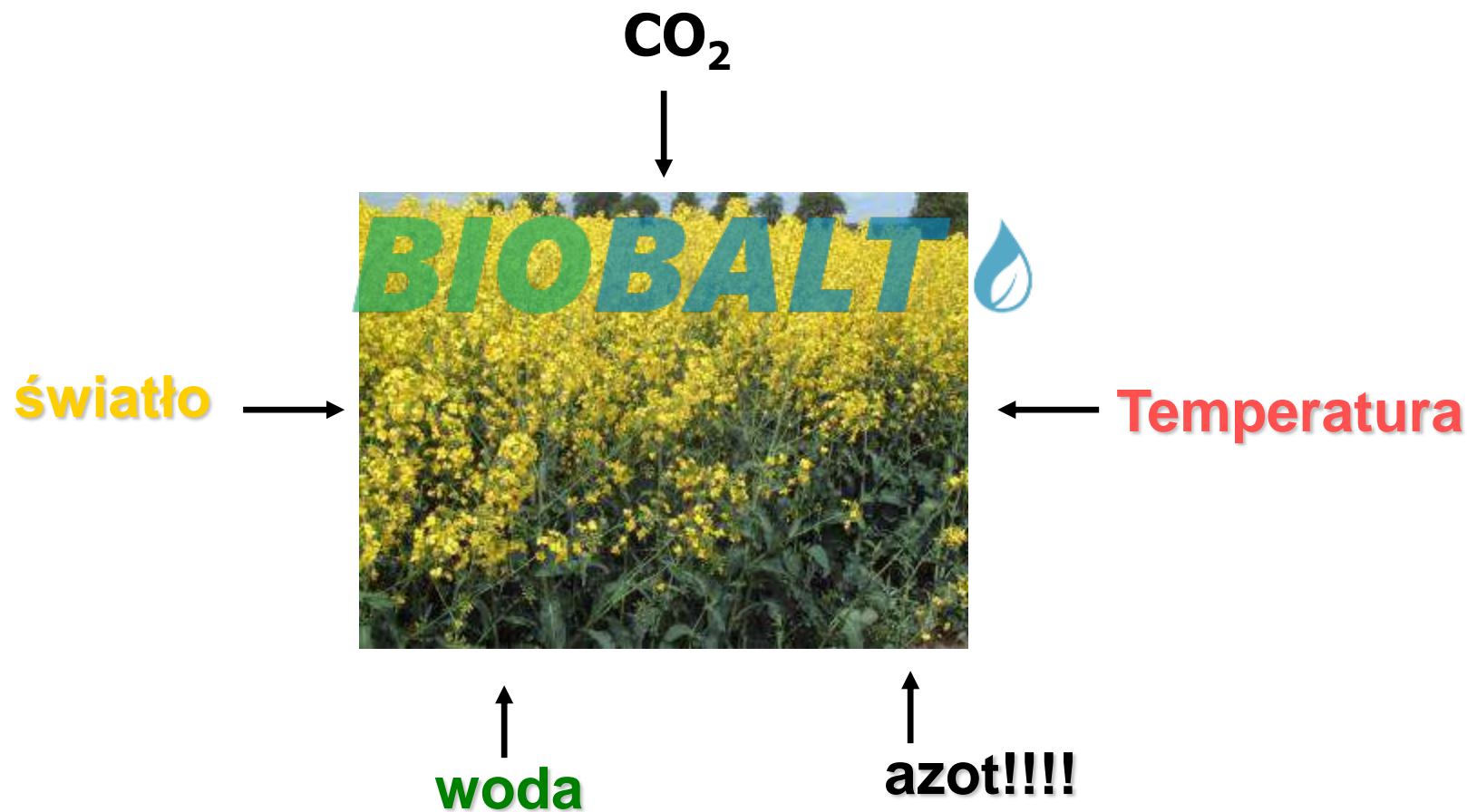
1. **Azot na tle innych czynników produkcji roślinnej;**
 2. **Efektywność plonotwórcza azotu;**
 3. **Nawożenie azotem - ogólne zasady;**
 4. **Azot glebowy i nawozy azotowe: formy, przemiany, straty;**
 5. **Nawozy naturalne - wykorzystanie, straty.**
- 



**Azot jako jeden z pięciu najważniejszych
czynników produkcji roślinnej**

BIOBALT 

Pięć głównych - nadrzędnych czynników wzrostu rośliny uprawnej



Eko-fizjologiczna charakterystyka czynników plonotwórczych

I. Definiujące plon:

1. Czynniki roślinne:
 1. Fizjologia, fenologia;
 2. Hodowla roślin - odmiany;
 3. Architektura ładu;
2. Promieniowanie;
3. CO₂
4. Temperatura;

BIOBALT 

II. Ograniczające plon:

1. woda;
2. azot (pozostałe składniki);
3. czynniki odpowiedzialne za efektywność wody/azotu

III. Redukujące plon:

1. Chwasty;
2. Patogeny;
3. Szkodniki;
4. Zanieczyszczenia powietrza i gleby.

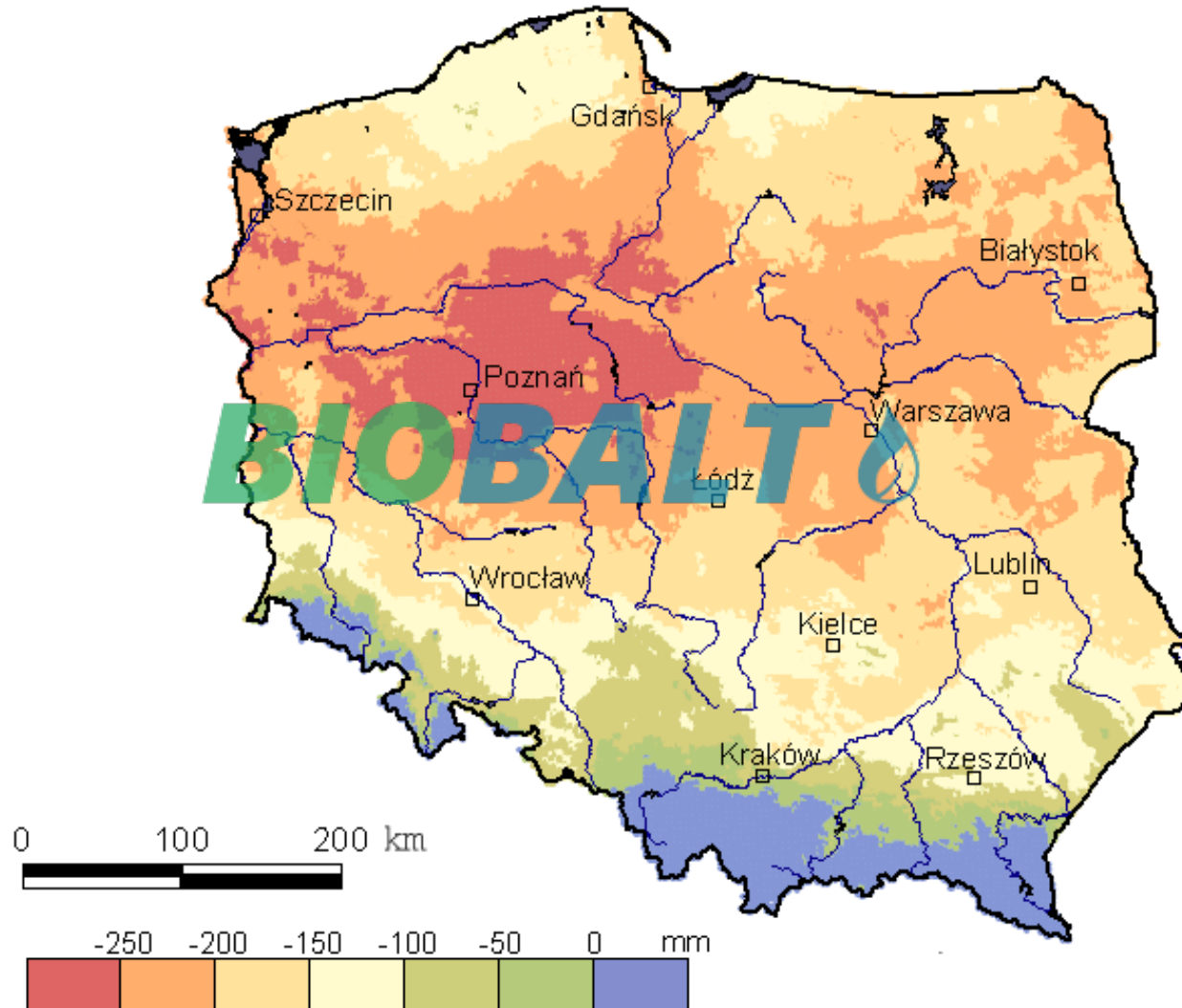


Susza - naturalny element produkcji rolnej w Polsce

BIOBALT 

woda, jej znaczenie a ilość i rozkład opadów...

Wieloletni klimatyczny bilans wody IV-IX



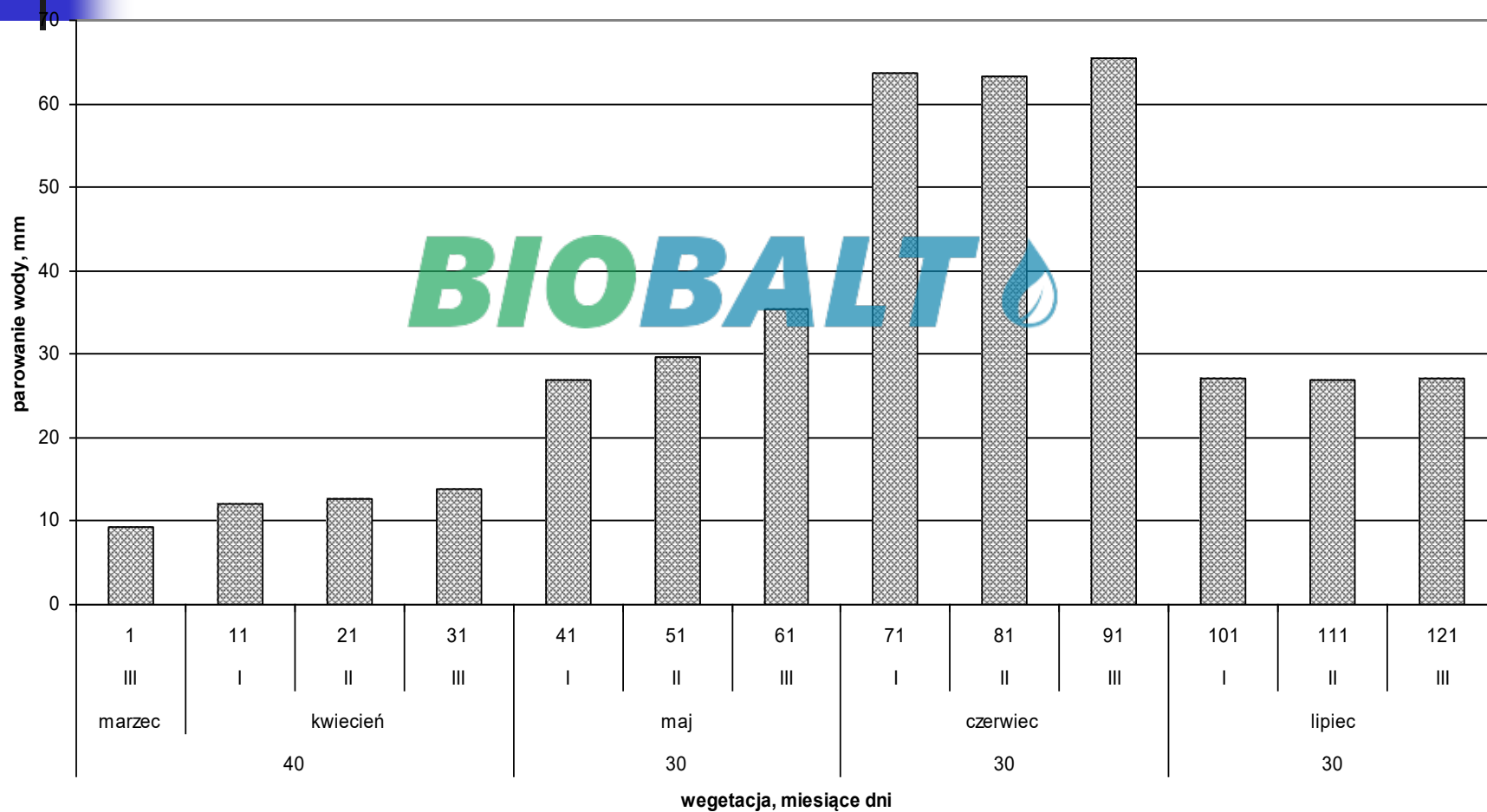


Potrzeby wodne a produktywność jednostkowa wody

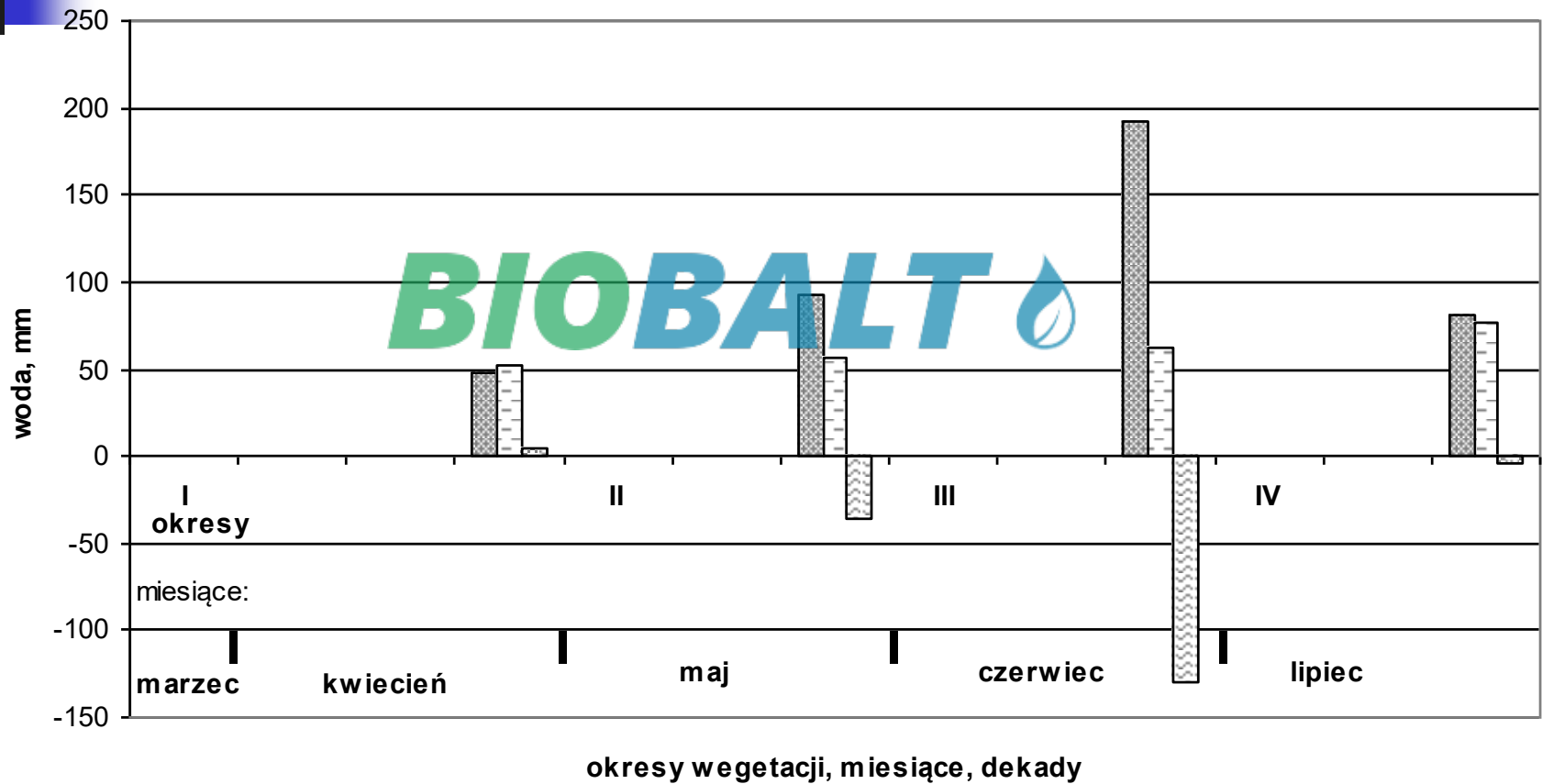
BIOBALT 

pszenica ozima...

Potrzeby wodne pszenicy ozimej w okresie wiosennej wegetacji



Bilans wodny pszenicy ozimej

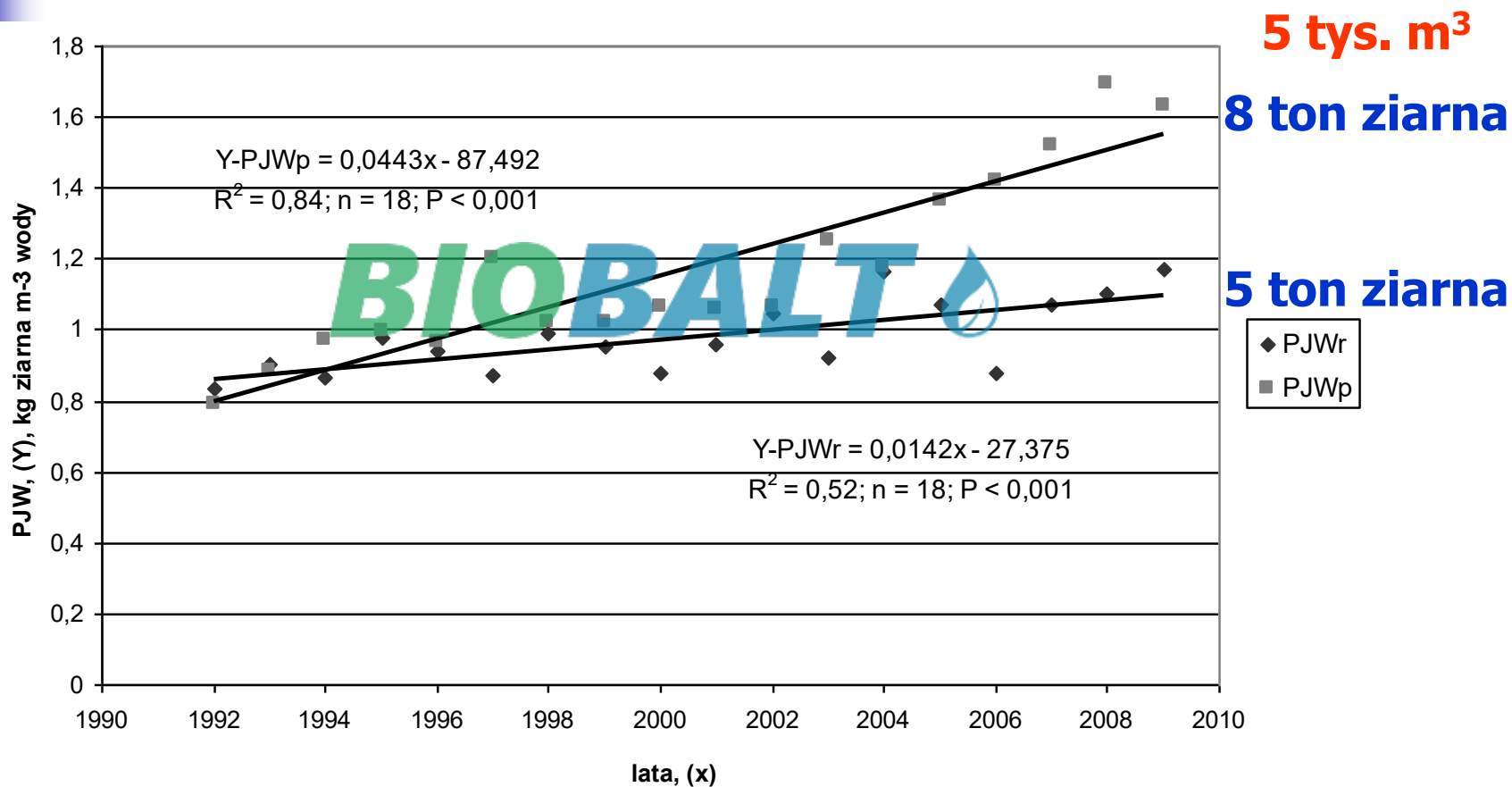


PW-potrzeby wodne

 OP- opady rzeczywiste

 NW-niedobory wody

Produktywność jednostkowa wody - pszenica - realia a potencjał





Jak efektywnie gospodarować wodą?...

Jak zwiększyć produktywność jednostkową wody?...

BIOBALT 



Potencjalną reakcją roślin na niedobory wody warunkują

- 1) suma i rozkład opadów bieżących w okresie wegetacji;
- 2) zapasy wody użytkowej w strefie ukorzenienia się roślin (próchnica, kategoria agronomiczna gleby);
- 3) straty wody (parowanie z powierzchni gleby, roślin, spływ powierzchniowy - strata składników);
- 4) odczyn i zasobność gleby w podstawowe makroskładniki (P, K, Mg, Ca, inne);
- 5) Efektywność plonotwórcza azotu!!!!!!!



Efektywność plonotwórcza azotu

BIOBALT 

główny składnik plonotwórczy...

Efektywność plonotwórcza azotu

Azot będzie efektywny tylko wtedy kiedy zadbamy o pobieranie składnika z gleby i przetwarzanie go w roślinie!!!!

Na pobieranie składnika z gleby wpływ ma:

1. dostępność składnika

- zawartość azotu mineralnego (glebowy + nawozowy)
- szybkość uwalniania się azotu z zasobów organicznych

2. warunki pobierania

a) czynniki wpływające na wielkość systemu korzeniowego

- odczyn gleby, toksyczność glinu, dostępność wapnia,
- gęstość objętościowa gleby warstwy ornej i podornej
- odżywienie fosforem, magnezem, cynkiem itd..
- stan hormonalny rośliny

b) zawartość dostępnych form potasu, fosforu, magnezu, sodu, cynku i manganu.

Efektywność plonotwórcza azotu

Azot będzie efektywny tylko wtedy kiedy zadbamy o pobieranie składnika z gleby i przetwarzanie go w roślinie!!!!

Metabolizmem azotu w roślinie steruje liczna grupa składników mineralnych odpowiedzialnych za:

BIOBALT 

- a) fotosyntezę (Mg, Ca, S, Fe, Mn, Zn)
- b) redukcję azotanów (Mo, Fe, S)
- c) transport węglowodanów (P, K)
- d) układy enzymatyczne kontrolujące syntezę białek, tłuszczów i innych metabolitów (S, Mo, Cu, Zn)

Efektywność plonotwórcza azotu

Zbilansowane nawożenie roślin uprawnych

W uprawie roślin, rolnik musi kontrolować plonotwórcze działanie azotu poprzez:

A. Eliminację czynników w „minimum”:

1. Regulację odczynu,
2. Ustalenie optymalnego systemu nawożenia P i K;

B. Optymalizację nawożenia azotem:

1. Racjonalne ustalenie dawki nawozowej azotu,
2. Zwiększanie efektywności plonotwórczej pobranego azotu nawozowego:
 - bilansowanie azotu składnikami drugoplanowymi;
 - profilaktyczne stosowanie mikroelementów.

dawka **N**

Optymalizacja N = -----

pH, P K Ca Mg S B Mn Cu Mo Fe Zn Cl ochrona roślin

Wskaźniki efektywności azotu

Efektywność azotu z nawozów można wyrazić poprzez ocenę następujących wskaźników:

1. Wzrost plonu:

- efektywność agronomiczna brutto;
- efektywność agronomiczna netto;

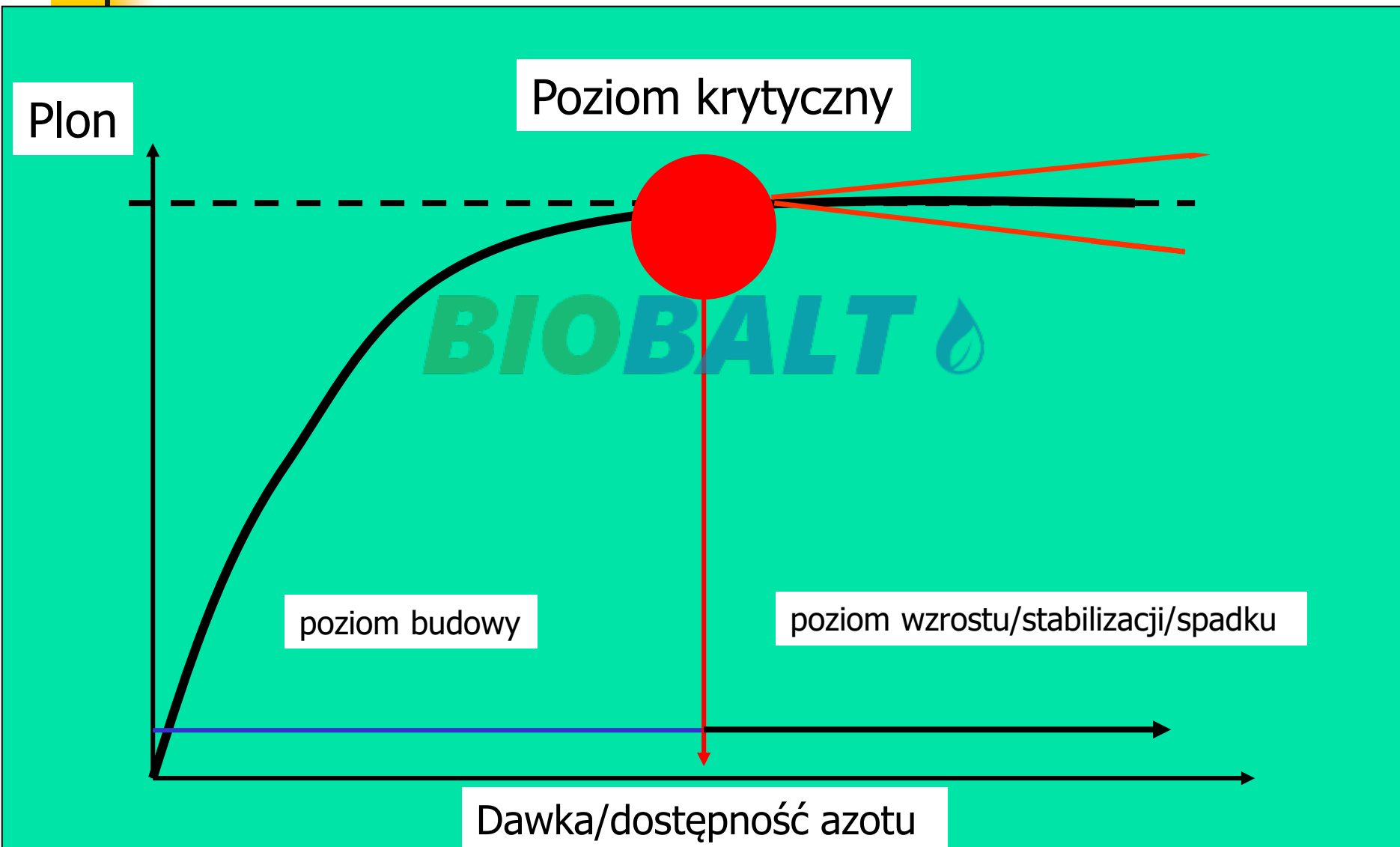
BIOBALT 

2. Wykorzystanie azotu:

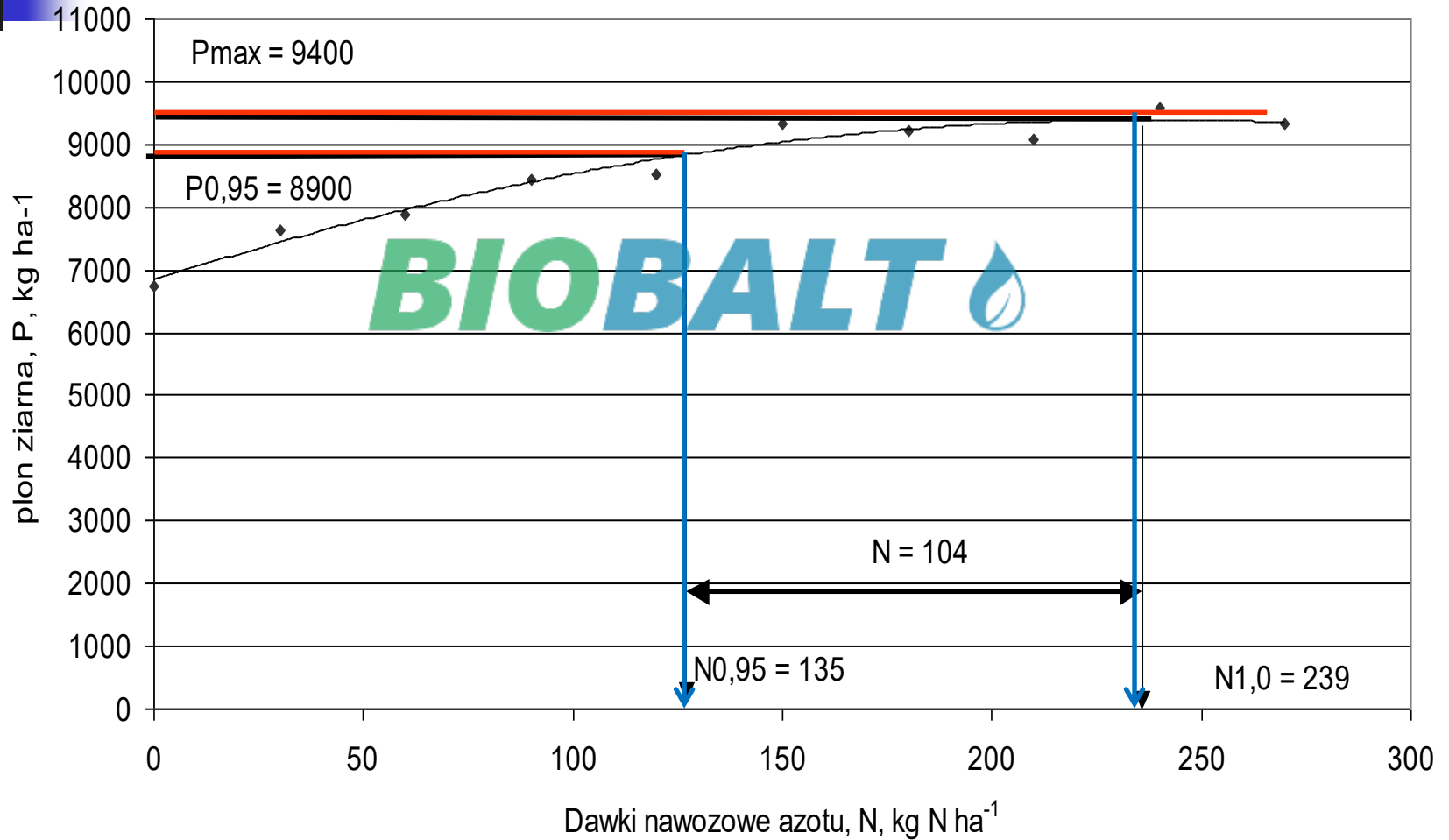
- wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych;
- efektywność fizjologiczna - mówi nam o procesach związanych z przetworzeniem pobranego składnika w plon;

3. Poprawa/pogorszenie jakości technologicznej.

Wpływ dawki/dostępności azotu na plon i jakość technologiczną



Optymalizacja nawożenia azotem - kukurydza



Optymalizacja nawożenia azotem - pszenica ozima

Plon ziarna, t·ha⁻¹

Czynnik	
Ochrona/dokarmianie	
A	9,578 ^b
B	9,841 ^b
C	7,740 ^a
F	118,70***
Nawożenie N, kg N·ha ⁻¹	
0	6,371 ^a
40	8,380 ^b
80	9,064 ^{bc}
120	9,741 ^{cd}
160	9,803 ^d
200	9,918 ^d
240	10,092 ^d
F	68,01***

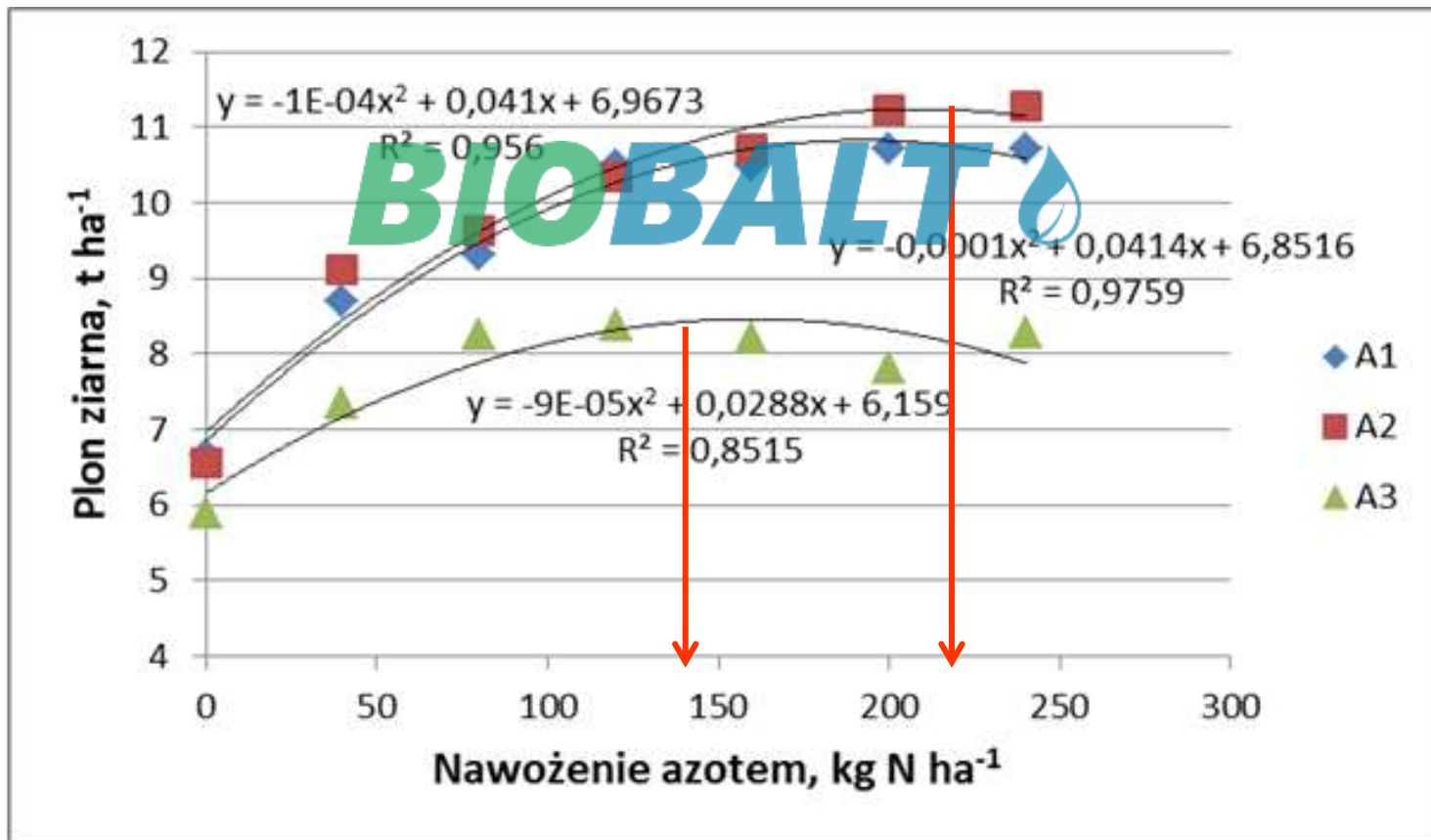
Optymalizacja nawożenia azotem - pszenica ozima

Plon ziarna - 2014, t·ha⁻¹

Nawożenie N, kg N·ha ⁻¹	Ochrona/dokarmianie		
	A	B	C
0	6,650 ^{ab}	6,565 ^{ab}	5,898 ^a
40	8,693 ^{cde}	9,110 ^{def}	7,338 ^{abc}
80	9,310 ^{efg}	9,625 ^{efg}	8,258 ^{cde}
120	10,483 ^{fgh}	10,355 ^{fgh}	8,385 ^{cde}
160	10,485 ^{fgh}	10,710 ^{gh}	8,215 ^{cde}
200	10,705 ^{gh}	11,238 ^h	7,813 ^{bcd}
240	10,720 ^{gh}	11,283 ^h	8,273 ^{cde}
F	3,48***		

Optymalizacja nawożenia azotem - pszenica ozima

Zależność plonu ziarna od nawożenia azotem



Optymalizacja nawożenia azotem - pszenica ozima

Jakość technologiczna ziarna

Czynnik	Zawartość białka, %	Zawartość glutenu, %	Zawartość skrobi, %
Ochrona/dokarmianie			
A	11,17	21,53	63,66 ^b
B	11,20	21,56	63,64 ^b
C	11,45	22,08	63,28 ^a
F	2,34	1,35	7,00 ^{**}
Nawożenie N, kg N·ha⁻¹			
0	9,59 ^a	17,43 ^a	64,93 ^e
40	10,05 ^a	18,63 ^a	64,53 ^{de}
80	10,21 ^a	18,88 ^a	64,37 ^d
120	10,98 ^b	20,94 ^b	63,71 ^c
160	11,96 ^c	23,43 ^c	62,89 ^b
200	12,79 ^d	25,63 ^d	62,28 ^a
240	13,30 ^d	27,10 ^d	62,00 ^a
F	87,94 ^{***}	85,57 ^{***}	82,00 ^{***}



Nawożenie azotem

BIOBALT 

ogólne zasady....



Strategia nawożenia, pytania:

1. Ile? - dawka

2. Jaki nawóz? - forma, składniki towarzyszące

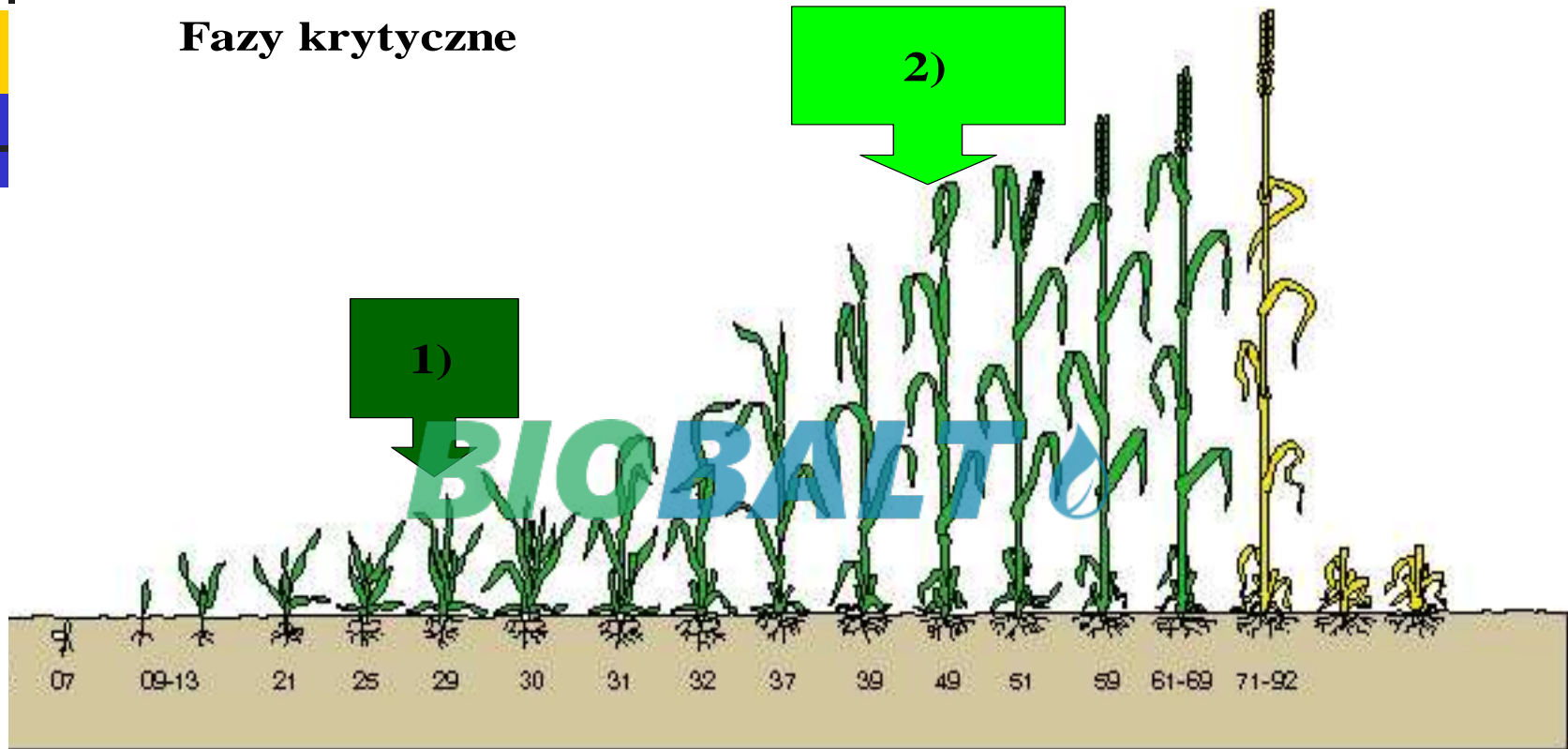
BIOBALT 

3. Kiedy? - termin, podział dawki

4. Jak? - technika stosowania

Krytyczne fazy rozwojowe - fizjologia plonowania

Fazy krytyczne



Redukcja „pięterek”

Pobranie azotu a plon pszenicy ozimej

dt/ha	BBCH 30		BBCH 32/37		BBCH 65		BBCH 85	
	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%
60	30-40	20	70-100	50	130-140	75	180	100
75	30-50	20	100-120	50	150-160	70	220	100
90	50-60	20	130-140	50	190-200	70	280	100

Hanse Agro



Azot w glebie

BIOBALT 

formy, przemiany, straty...



Azot w glebie...

Zawartość azotu ogólnego w warstwie ornej gleb mineralnych w Polsce kształtuje się w zakresie od **0,06 do 0,30%**, natomiast w glebach organicznych może osiągać nawet **3,5%**

BIOBALT 

Z tej ilości 95-99% azotu występuje w postaci związków organicznych, a tylko 1-5% jako związki mineralne, tj. **NH₄⁺** i **NO₃⁻**. Jednocześnie trzeba pamiętać, że rośliny pobierają azot z gleby tylko w formie mineralnej.

Azot w glebie - źródła i główne procesy/przemiany

Nawozy organiczne, naturalne; nawozy mineralne



95-99%

mineralizacja

1-5%

ulatnianie NH_3

NH_4^+

fiksacja

nitryfikacja

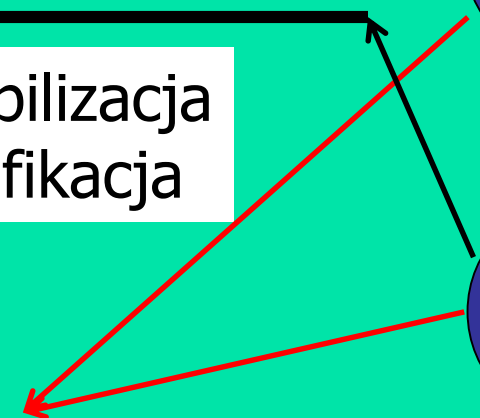
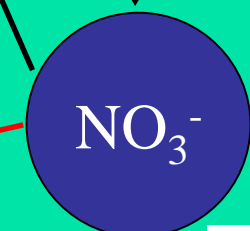
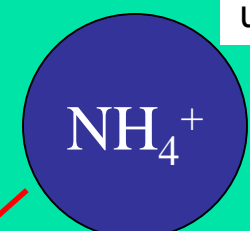
immobilizacja
humifikacja

wymywanie

NO_3^-

denitryfikacja

Pobieranie przez rośliny





Potencjał gleby do mineralizacja azotu

Przykład:

1) zawartość węgla organicznego w glebie, $C_{org} = 1\%$ (**1,72%** próchnicy) → **0,1%N**

$$3\ 000\ 000\ \text{kg} \cdot 0,001 = 3000\ \text{kg N/ha}$$


2) tempo mineralizacji azotu organicznego gleby:

a. **1,0%/rok** → **30 kg N/ha**;

b. **1,5%/rok** (wartość średnia) → **45 kg N/ha**;

c. **2%/rok** (lata optymalne, wilgotne) → **60 kg N/ha**

d. **3%/rok** (lata super optymalne, wilgotne) → **90 kg N/ha**

do 60 cm

90 kg N/ha

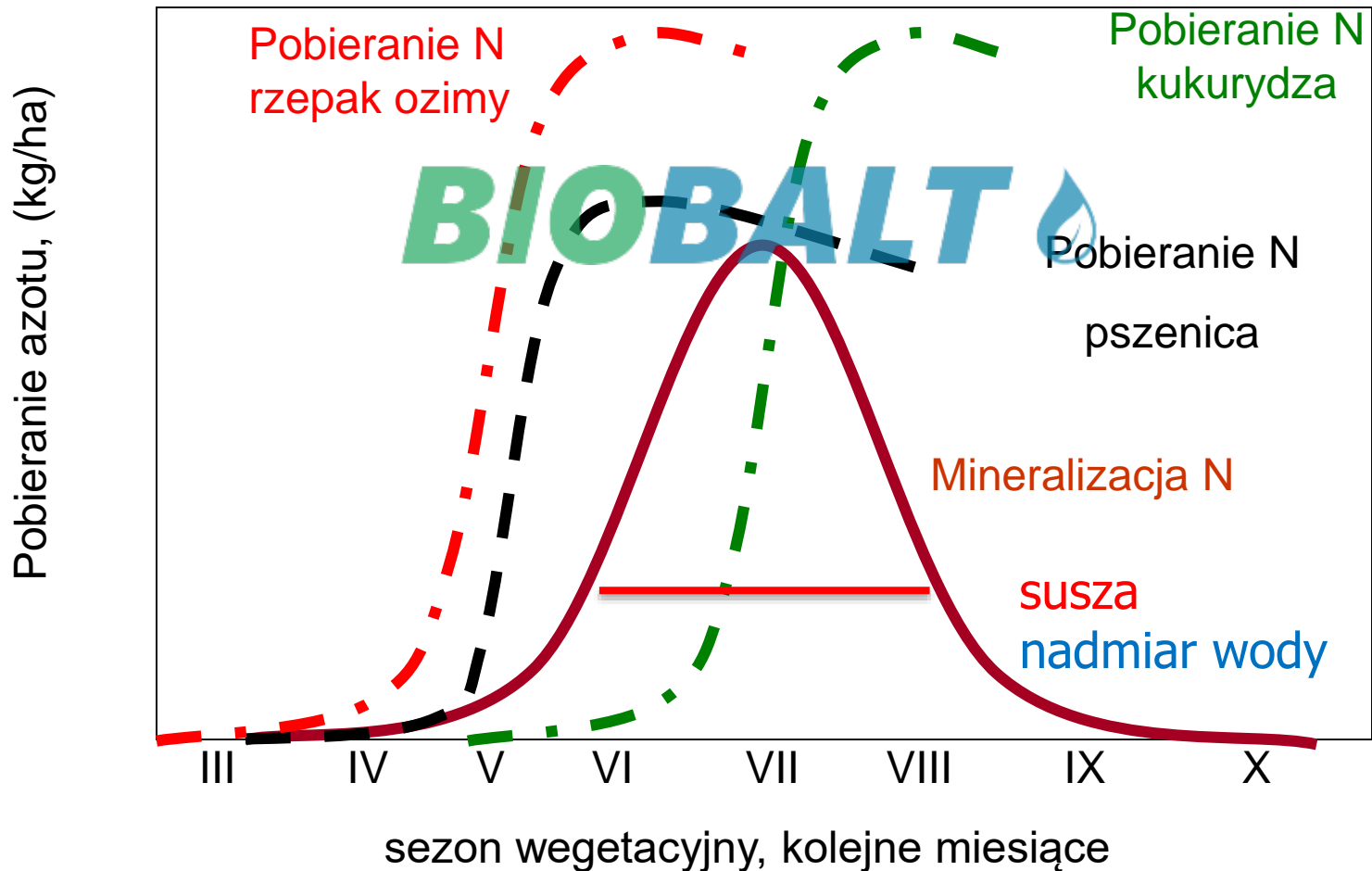
135 kg N/ha

180 kg N/ha

270 kg N/ha

Im głębiej tym mniej próchnicy i wolniejsze tempo rozkładu!!!

Mineralizacja N organicznego a potrzeby nawozowe roślin uprawnych - dynamika



Ilość składnika, jaka może być dostępna na różnych stanowiskach - N_{\min}
 (źródło: **Hanse Agro Journal**) – dla pszenicy

	Gleba				
Przedplon	Piasek	Piasek gliniasty	Glina piaz.	Glina	Mursz (młody)
Zboża	20	30	35	40	50
Rzepak	40	60	75	80	90
Ziemniaki*	0-30	20-40	30-50	30-60	50-80
Buraki cukrowe*	40	60	65	70	80

* bez obornika



Nawozy azotowe

BIOBALT 

formy, przemiany, straty...

Nawozy azotowe

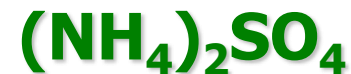
Formy azotu:

Nawozy:

1. Amonowa - NH_4^+



Siarczan amonu



2. Saletrzana - NO_3^-



Saletra wapniowa



3. Amidowa - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$



Mocznik



RSM



BIOBALT 



Ulatnianie amoniaku

BIOBALT 



Mechanizm ulatniania NH_3 z gleby



Zabiegi agrotechniczne ograniczające straty amoniaku z nawozów

1. Zakwaszanie nawozów zawierający formę amonową;
2. Natychmiastowe, tuż po zabiegu mieszanie nawozów amonowych z glebą;
3. Stosowanie nawozów zawierających formę amonową tylko przed deszczem (w warunkach wilgotnych);
4. Stosowanie nawozów rano/wieczorem (temperatura, wilgotność)!!!;
5. Na glebach wapiennych, świeżo wapnowanych, stosowanie nawozów zawierających tylko formę azotanową!!!????

Temperatura gleby a straty azotu z mocznika

Dni	Temperatura, °C			
	7	15	24	32
0	0	0	0	0
2	0	0	1	2
4	2	2	4	5
6	5	6	7	10
8	5	7	12	19
10	6	10	14	20

Odczyn gleby a straty azotu z mocznika

dni	pH gleby					
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	5
4	1	2	5	10	18	20
6	4	5	7	11	23	30
8	8	9	12	18	30	33
10	8	10	13	22	40	44

Szybkość hydrolizy mocznika + nitryfikacja

Temperatura gleby, °C	Hydroliza mocznika, dni
2	4
10	2
20	1
	Nitryfikacja (50% N), tygodnie
5 (do 7) - wartość krytyczna	6
8	4
10	2
20	1



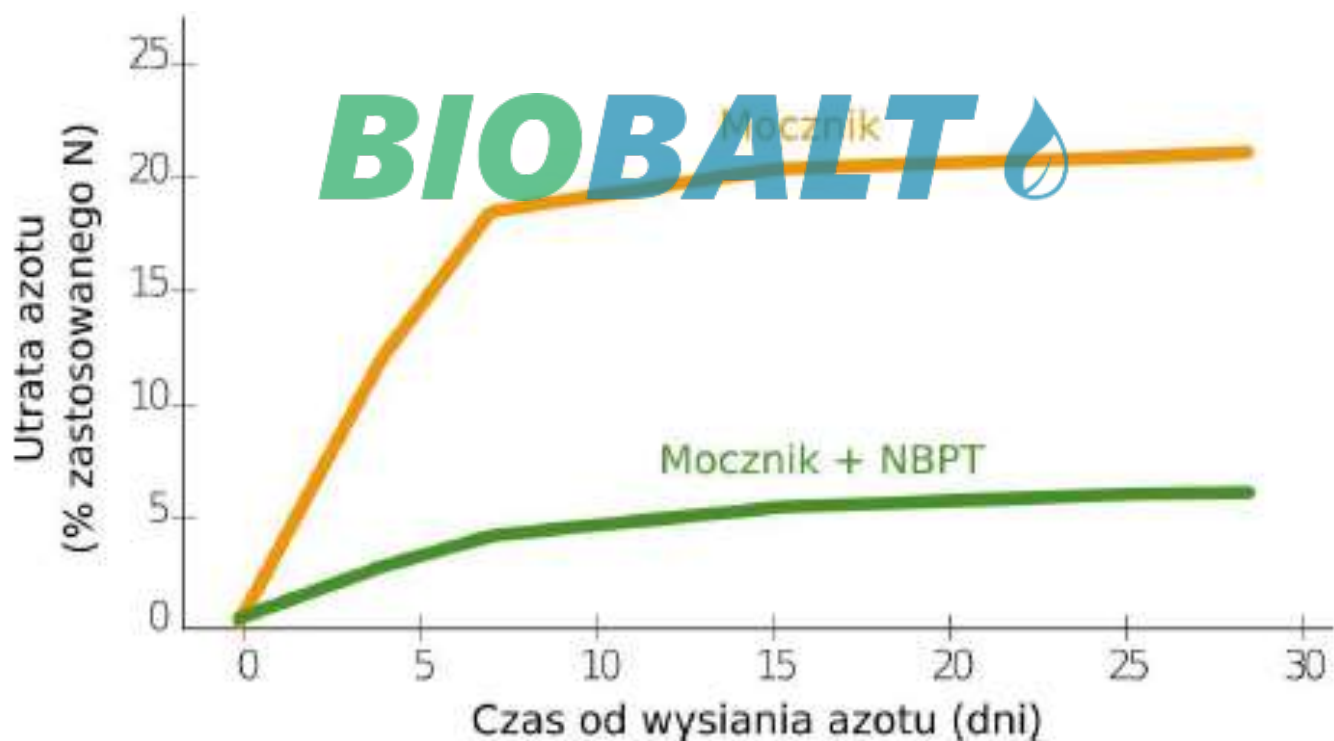
Nawozy amidowe z inhibitorem ureazy

Zastosowanie inhibitora pozwala na zahamowanie lub zmniejszenie aktywności ureazy. Ma to bardzo wielkie znaczenie szczególnie na glebach o odczynie zasadowym, ponieważ następuje redukcja strat azotu w wyniku ulatniania się amoniaku.

Na polskim rynku stosowany jest inhibitor ureazy o nazwie Agrotain. Zawiera składniki aktywne w postaci:

- 25% N (n-butylo) trifosforan triamid - NBPT
- 10% N-metylo-pirolidynę.

Redukcja ulatniania się azotu, Basten i in., 1995



Warunki aplikacji a straty azotu

Tabela 2. Straty amoniaku w wyniku ulatniania się przy powierzchniowym stosowaniu mocznika oraz redukcja strat, wyrażona procentach, wskutek dodatku NBPT. Wyniki eksperymentów polowych na glebach, pokrytych pozostałościami roślin (Cantarella, 2008).

Lokalizacja	Miesiąc	Przeważające warunki pogodowe	Straty NH ₃ od		% redukcja dzięki NBPT	
			AN lub AS % zastosowanego N	Mocznik Mocznik-NBPT		
Rib. Preto	czer.	sucho	0,3	15,2	11,2	26
Araras II sierp.		sucho	0,4	16,4	13,4	18
Iracemapolis	wrz.	sucho	0,2	25,4	15,2	40
Araraquara	paźd.	sucho	0,2	25,1	21,3	15
Araras	list.	deszcz	0,1	11,2	7,2	36
Jaboticabal	list.	int. deszcz	0,1	1,1	0,8	-
Pirassununga	gru.	deszcz	0,1	7,2	1,6	78
Średnio			0,2	16,8	11,7	30

Inne wyniki badań Cantarella *et al.* (2009) pokazują wielkość plonu przy dodatku Agrotain do mocznika w porównaniu do mocznika bez inhibitora oraz saletry amonowej jako nietotnego standardu.



Wymywanie azotu

BIOBALT 



Podatność składników mineralnych na wmywanie

1) Azot azotanowy (NO_3^-)

2) Chlorki (Cl^-)

3) Borany ($\text{B}(\text{OH})_4^-$)

4) Kwaśne węglany wapnia i magnezu [$\text{Ca}, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$]

5) siarka siarczanowa (SO_4^{2-})

BIOBALT 



Wymywanie azotanów z gleby - czynniki

1. Klimat:

- opady (suma, rozkład sezonowy);
- nawadnienie;
- ewapotranspiracja;

2. Gleba:

- topografia (nachylenie terenu);
- profil glebowy (struktura gleby);
- kierunek i dynamika przemian azotu w glebie;

3. Sposób użytkowania gleby:

- struktura zasiewów;
- dynamika pobierania wody i azotu z gleby;
- długość okresu wegetacji;
- długość okrywy roślinnej na polu;
- intensywność uprawy roli.

4. Nawożenie:

- rodzaj nawozu azotowego;
- termin aplikacji;
- dawka i podział.

BIOBALT 



Wymywanie azotanów z gleby - czynniki

1) rozkład opadów w okresie jesiennie-zimowym

- a) późna jesień;
- b) lekka zima;
- c) duże opady śniegu zimą i roztopy wczesną wiosną;

BIOBALT 


2) gleba:

- a) przepuszczalna dla wody opadowej; gleby bardzo lekkie i lekkie;

3) gospodarka azotem:

- a) duża ilość azotu mineralnego w glebie na początku jesieni;
- b) zakładany brak okrywy roślinnej zimą;
- c) duże dawki azotu mineralnego wczesną wiosną;

Zakres polowej pojemności wodnej (PPW) gleb¹, mm, warstwa 0-100 cm

Bardzo lekka	Lekka	Średnia	Ciężka
	BIOBALT 		
110-145	146-210	211-270	271-460
128	178	241	366

¹Rozporządzenie Ministra Środowiska (Dz. U. 02.241.2093 z dnia 31 grudnia 2002 r.)

Klasy zawartości azotanów w glebie po zbiorze roślin uprawnych

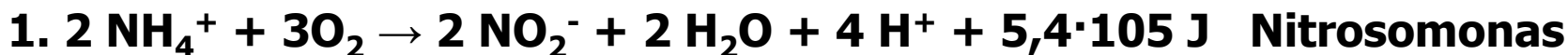
Kategorie agronomiczne gleby	Klasy zawartości NO ₃ -N jesienią				
	bardzo mała	mała	średnia	Duża	bardzo duża
Bardzo lekka	≤ 26	27 - 43	44 - 63	64 - 96	≥ 97
lekka	≤ 33	34 - 53	54 - 76	77 - 115	≥ 115
Średnia	≤ 35	36 - 56	57 - 82	83 - 124	≥ 125
Ciężka	≤ 37	38 - 60	61 - 87	88 - 131	≥ 132



Nawozy azotowe z inhibitorem nitryfikacji

Inhibitory nitryfikacji to tzw. stabilizatory formy amonowej azotu, które przez pewien okres blokują działanie bakterii z grupy Nitrosomonas, hamując w ten sposób proces nitryfikacji, który powoduje utlenianie kationu amonowego.

Proces nitryfikacji - etapy:





Inne straty azotu

BIOBALT 



Denitryfikacja azotu

Jest to proces polegający na przeprowadzeniu utlenionych związków azotu mineralnego do związków zredukowanych.

Zjawisko to występuje przede wszystkim w glebach silnie wilgotnych, zasobnych w świeżą substancję organiczną w warunkach beztlenowych (lub niedostatku tlenu), a sprzyja mu odczyn obojętny i zasadowy. **Proces ten odbywa się przy udziale bakterii denitryfikacyjnych, które wykorzystują NO_3^- lub NO_2^- jako źródło tlenu.**





Denitryfikacja - ogólny schemat procesu



azotan azotyn tlenek podtlenek azot

BIOBALT
azotu azotu



Nawozy naturalne

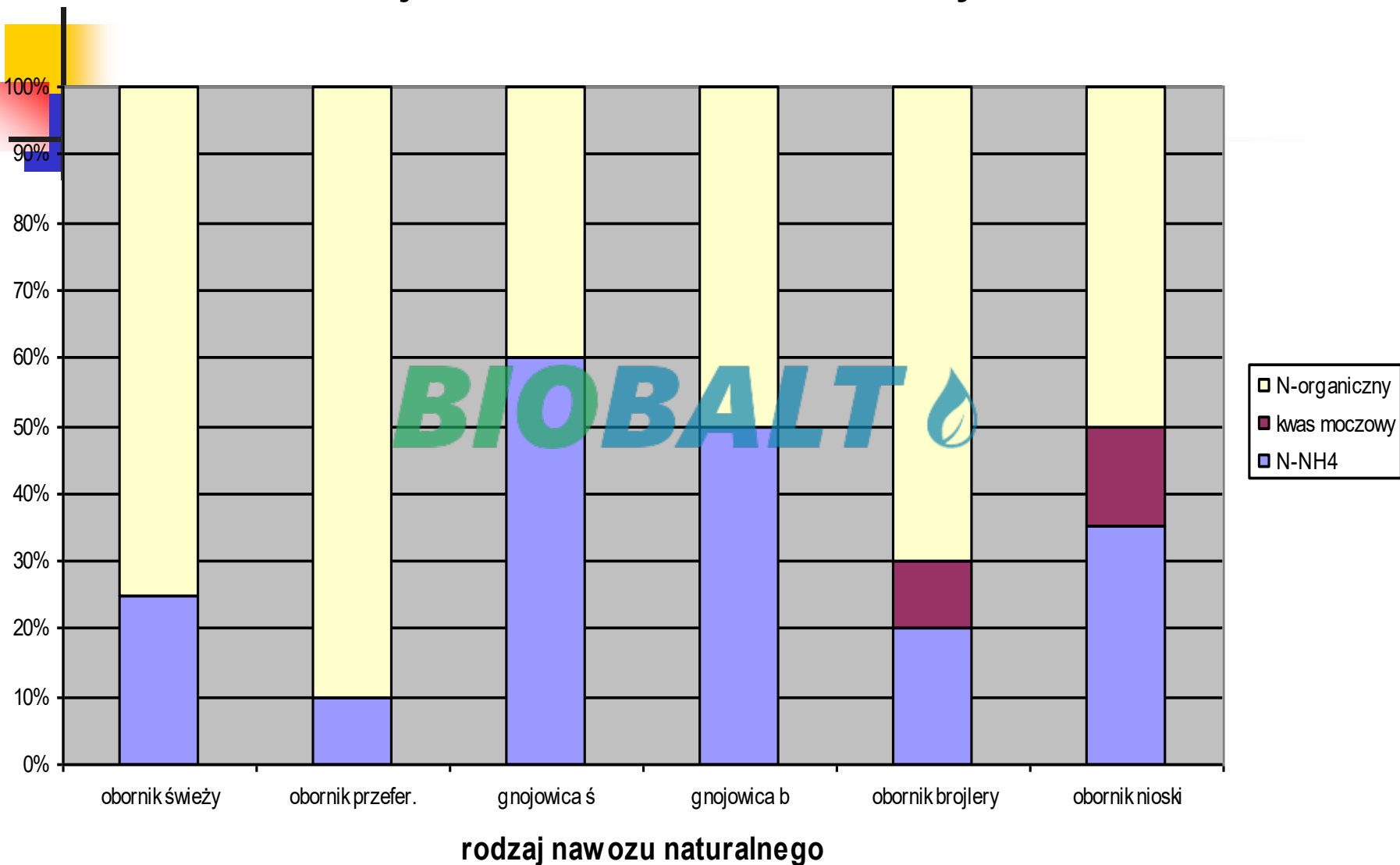
BIOBALT 

Wykorzystanie składników pokarmowych z obornika i gnojowicy

Czas od zastosowania lata	Azot	Fosfor	Potas
	Obornik/gnojowica	Obornik/gnojowica	Obornik/gnojowica
rok aplikacji	25- 40/35-65	30	50
2	15 – 20/10-20	20	20
3	5 –10/0	10	10
4	0 – 5/0	10	10
Suma za 4-lecie	45 – 75	70	90

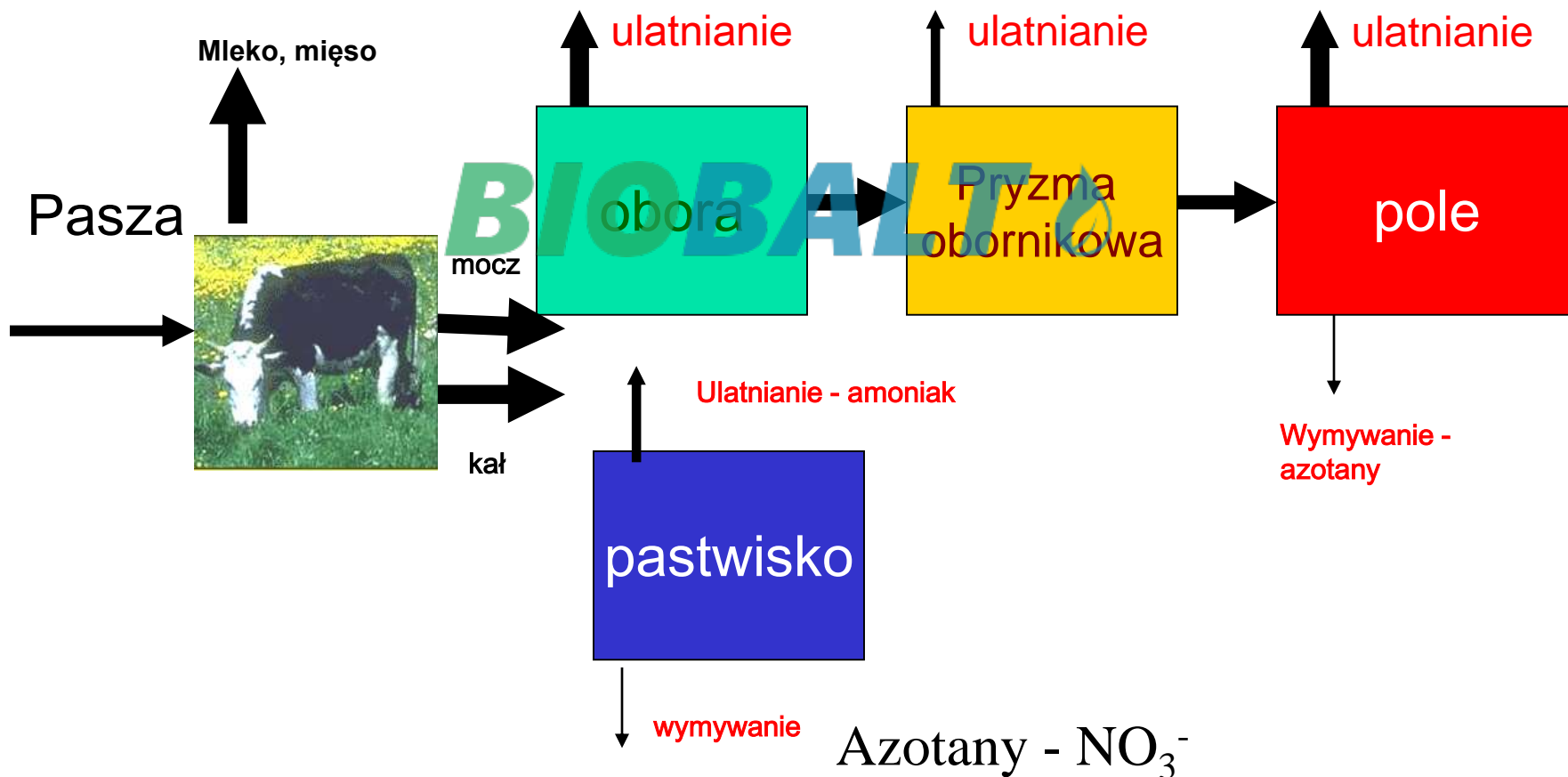
BIOBALT 

Fracje azotu w nawozach naturalnych, %



Źródła strat azotu

Amoniak - NH_3





Dziękuję bardzo za uwagę!!!