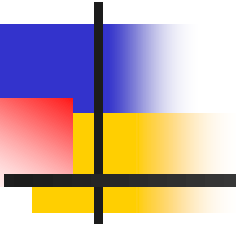
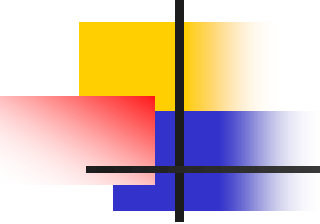


Nawożenie dolistne buraka cukrowego



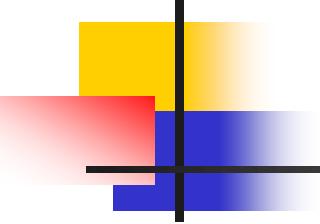
prof. UPP dr hab. Witold Szczepaniak

Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu



Szczegółowa tematyka wykładu

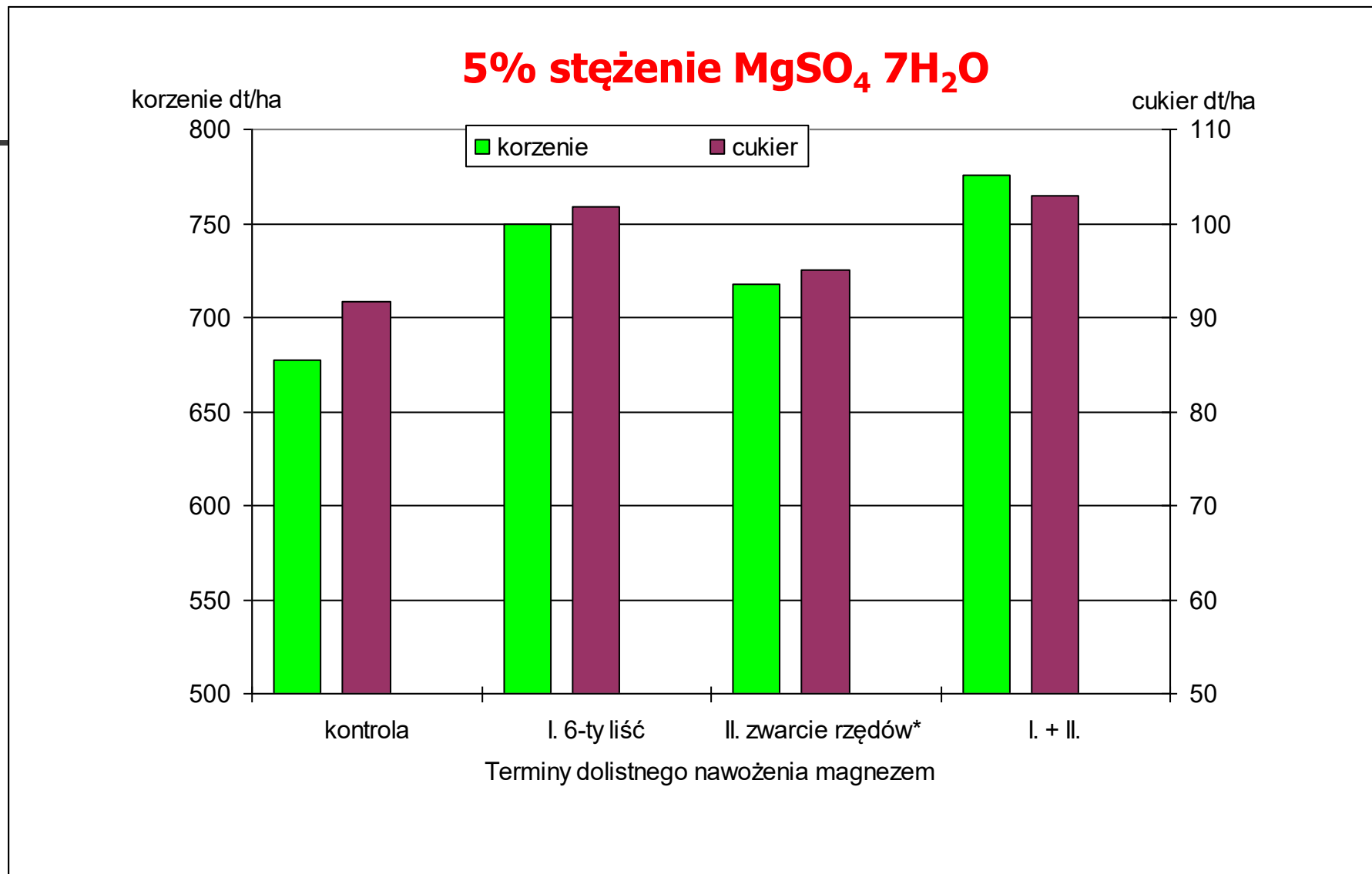
1. Główne zadania nawożenia dolistnego - czy odżywanie roślin przez liście jest konieczne?
2. Odżywanie roślin przez liście:
 - fizjologia pobierania składników pokarmowych;
 - czynniki determinujące pobieranie składników przez liście.
3. Nawożenie dolistne buraka cukrowego:
 - makroelementy;
 - profilaktyka mikroelementowa.

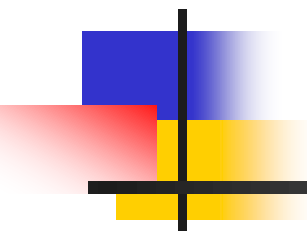


Główne zadania nawożenia dolistnego

- Zwiększenie efektywności plonotwórczej składników znajdujących się w glebie (zarówno rodzimych, jak i nawozowych)!!!!
- Stymulacja wzrostu organów nadziemnych i systemu korzeniowego!!!
- Poprawa odżywienia roślin w krytycznych fazach wzrostu (wspomaganie systemu korzeniowego).
- Przyspieszenie regeneracji roślin po zimie.
- Dostarczanie niezbędnych składników mineralnych przed/na początku okresu suchego.

Dolistne dokarmianie buraka cukrowego magnezem i siarką a plony korzeni i cukru

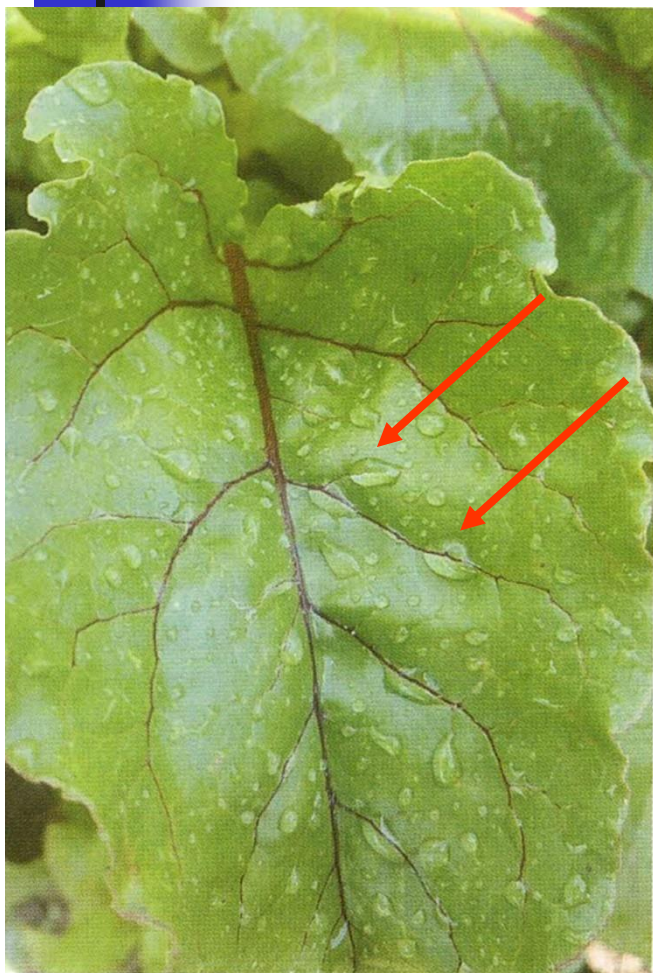




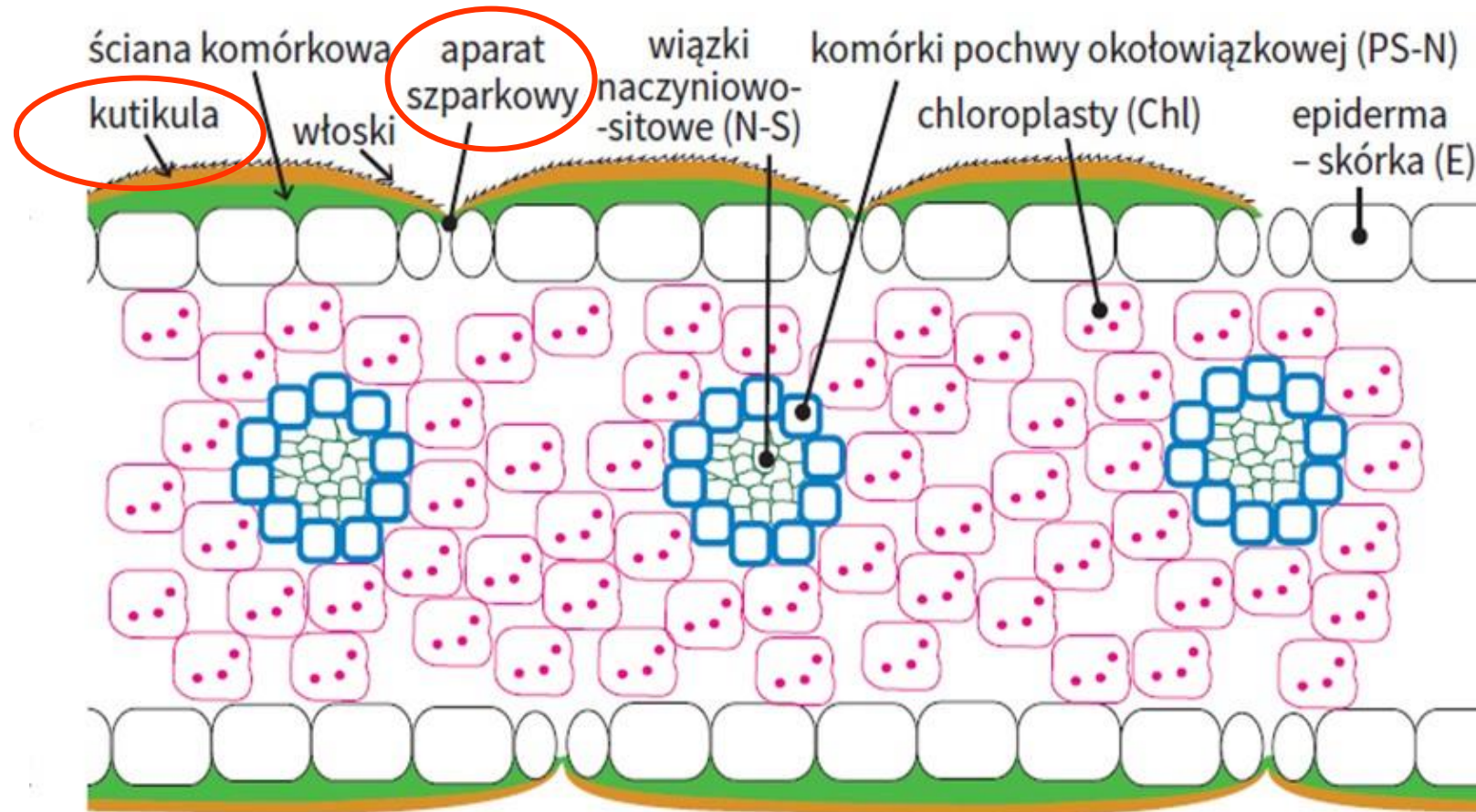
Odżywianie roślin przez liście

Fizjologia pobierania składników pokarmowych

Fizjologia pobierania składników pokarmowych w odżywianiu dolistnym



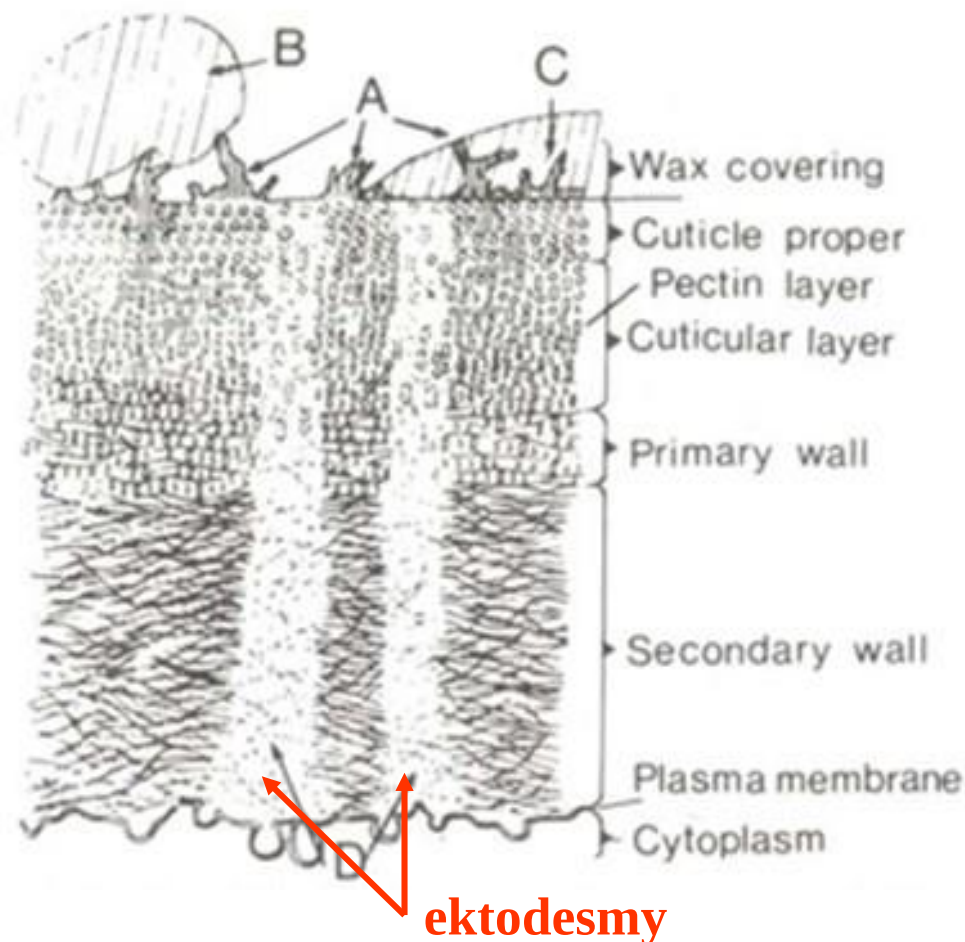
Budowa anatomiczna liścia



Przekrój anatomiczny przez warstwę okrywową skórki liścia



Źródło: Grzebisz, 2019

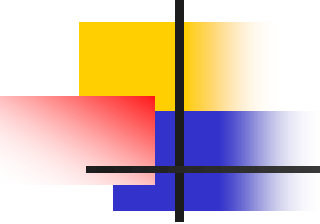


Źródło: Frank, 1967

Pobieranie składników:

- Kutykula
- **Szczeliny kutykuli (ektodesmy)**
- Aparaty szparkowe

Źródło: Marschner, 2012



Masa atomowa/cząsteczkowa

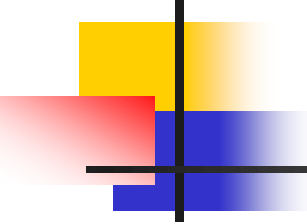
Pobieranie jest związane z wielkością atomu/cząsteczki -
przenikanie może być ograniczone ich wielkością!!!!

[Pop i in., 2005] - kanaliki w kutykuli - **0,3 - 1,2 nm**

[Schonherr i Luber, 2001] - aparaty szparkowe - do **43 nm**

Charakterystyka jonów w środowisku wodnym

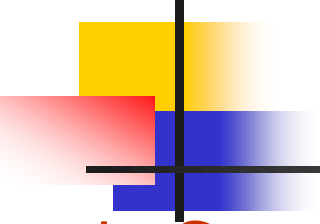
Jony	Średnica - stan nieuwodniony nm	Średnica - stan uwodniony nm	Energia hydratacji kJ/mol	Liczba cząsteczek wody
Na ⁺	0,97	0,358	-365	13
K ⁺	0,133	0,330	-395	7
Mg ²⁺	0,066	0,428	-1803	36
Ca ²⁺	0,99	0,412	-1505	29



Gęstość i rozmieszczenie aparatów szparkowych na liściu, szt./mm²

Gatunek rośliny uprawnej	Strona liścia	
	górna	dolna
Rzepak	70-90	100-120
Jęczmień	30	25
Pszenica	50-60	40-50
Owies	25-50	25-35
Kukurydza	50-100	75-150
Buraki cukrowe	60-80	70-120
Ziemniaki	30-50	200-250

wg różnych autorów



Szybkość absorpcji składników przez liść zależy między innymi od rodzaju jonów

1. Częsteczki i jony:

cząsteczki obojętne (mocznik, chelaty) > kationy > aniony

2. Kationy → szybkość pobierania odwrotna do wartości ładunku elektrycznego:

+ > ++ > +++

3. Pobieranie składników maleje w kierunku:

mocznik > K ≈ Mg > Ca > Mn ≈ Zn > Cl > P ≈ S > Fe ≈ Mo > B

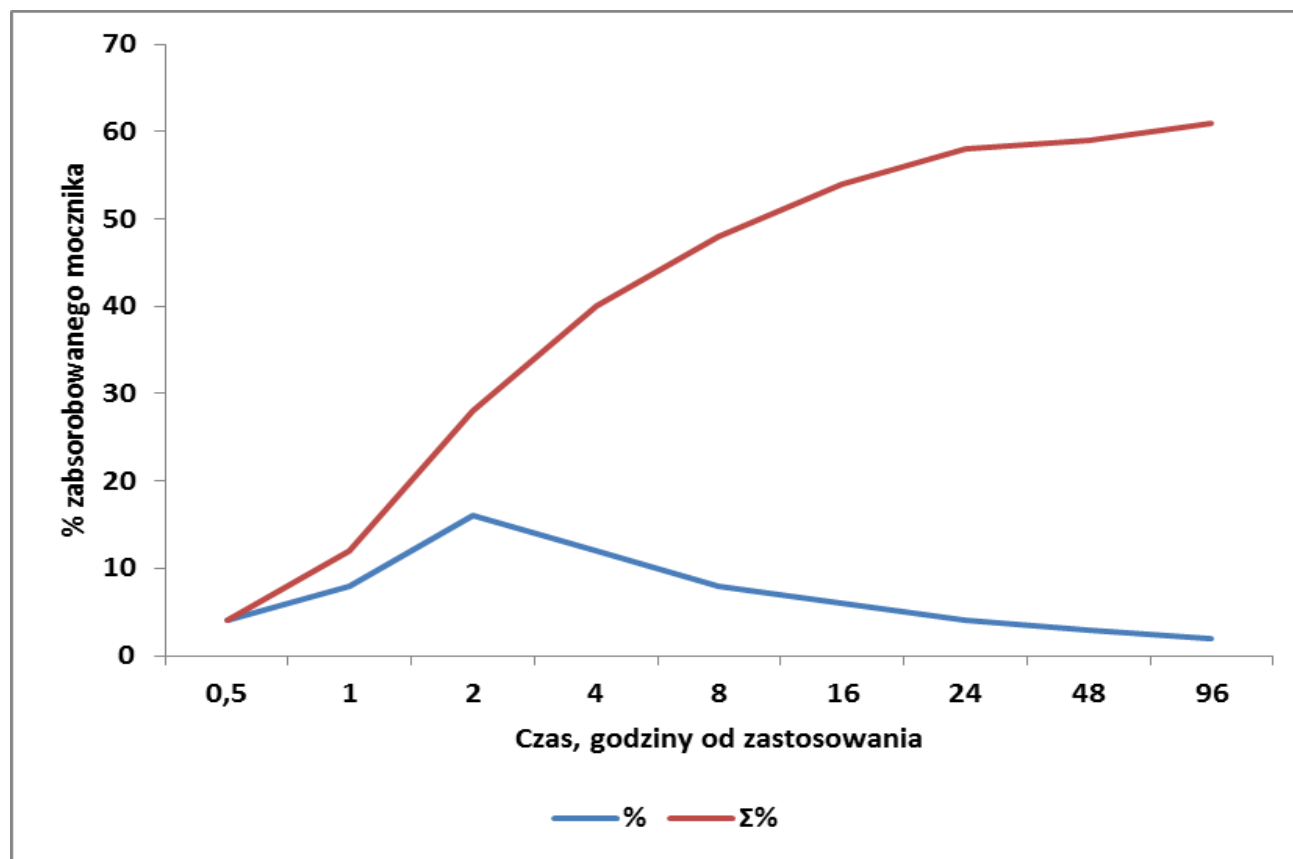


Szybkość absorpcji składników pokarmowych przez liść

Nutrient	Time for 50% absorption
Nitrogen (as urea)	1/2 – 2 hours
Phosphorus	5 – 10 days
Potassium	10 – 24 hours
Calcium	1 – 2 days
Magnesium	2 – 5 hours
Sulfur	8 days
Zinc	1 – 2 days
Manganese	1 – 2 days
Iron	10 – 20 days
Molybdenum	10 – 20 days

Pobieranie składników przez liść zmniejsza się z upływem czasu

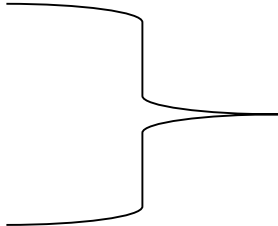
Model dynamiki absorpcji mocznika przez liść

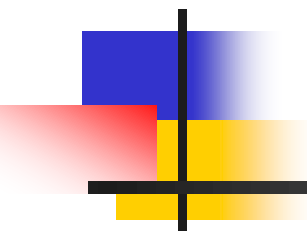


Szybkość przemieszczania składników wewnątrz rośliny

Skuteczność nawożenia dolistnego zależy także od mobilności/transportu pobranych składników do innych organów roślinnych!!!!

Składniki ze względu na szybkość transportu w wiązkach łykowych dzieli się na:

- 1. Bardzo ruchliwe: N, P, K, Na, Mg, Cl;**  **mobilne**
 - 2. Umiarkowanie ruchliwe: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo; S** 
 - 3. Nieruchliwe: Ca, B.** 
- niemobilne**

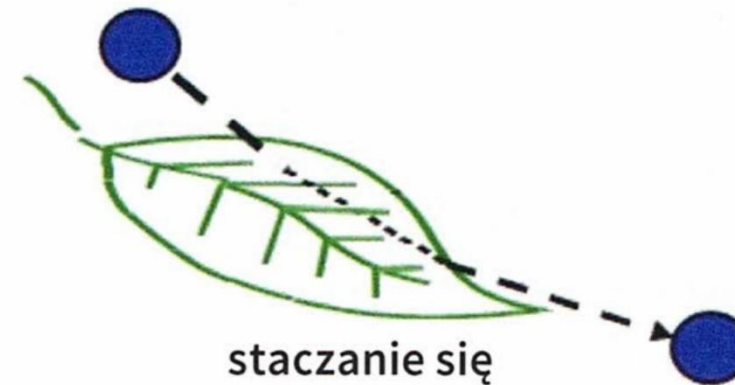
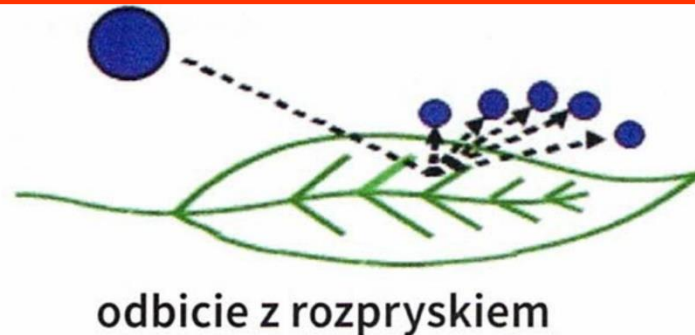
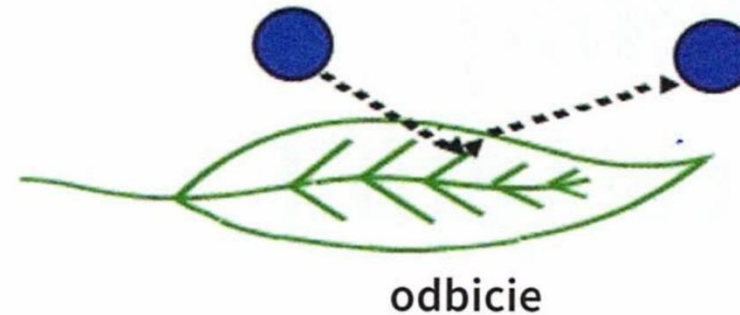
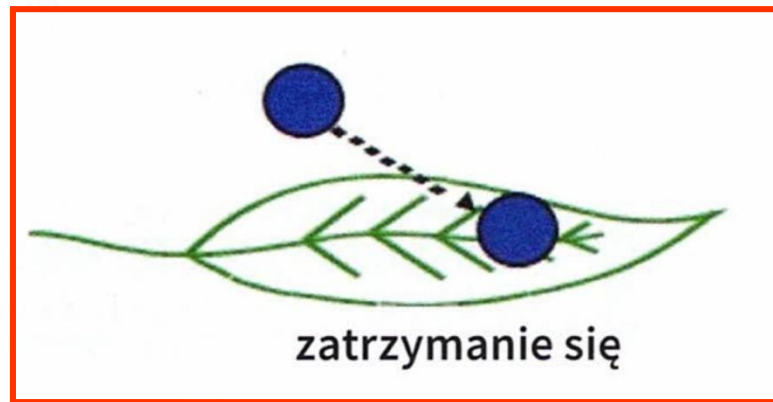


Odżywianie roślin przez liście

Czynniki determinujące pobranie składników

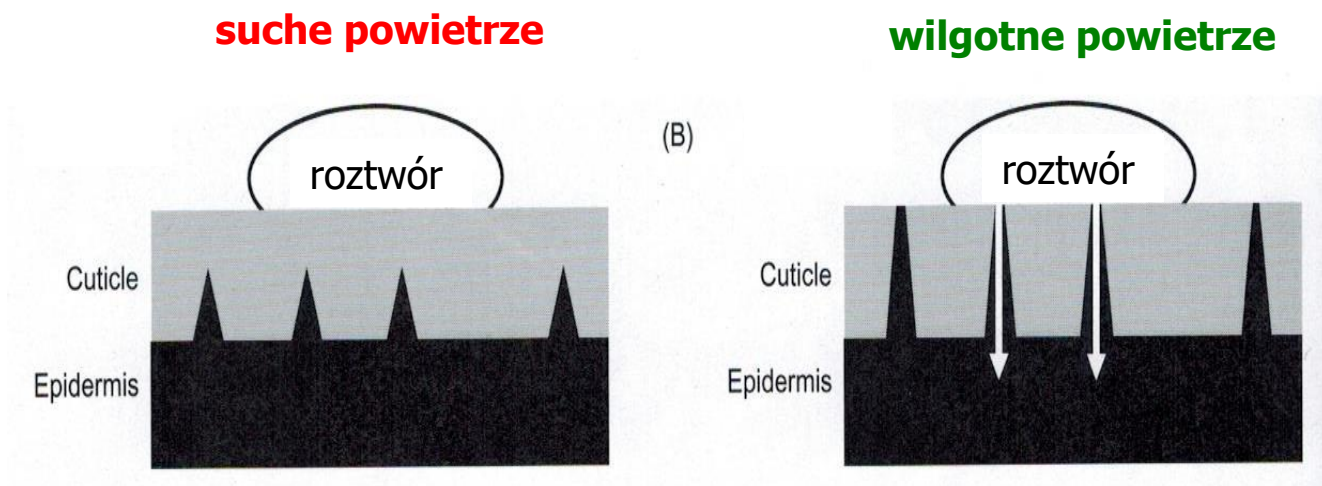
Retencja (zatrzymanie) cieczy opryskowej na liściu

Zachowanie się kropeł opryskowych w kontakcie z powierzchnią liści

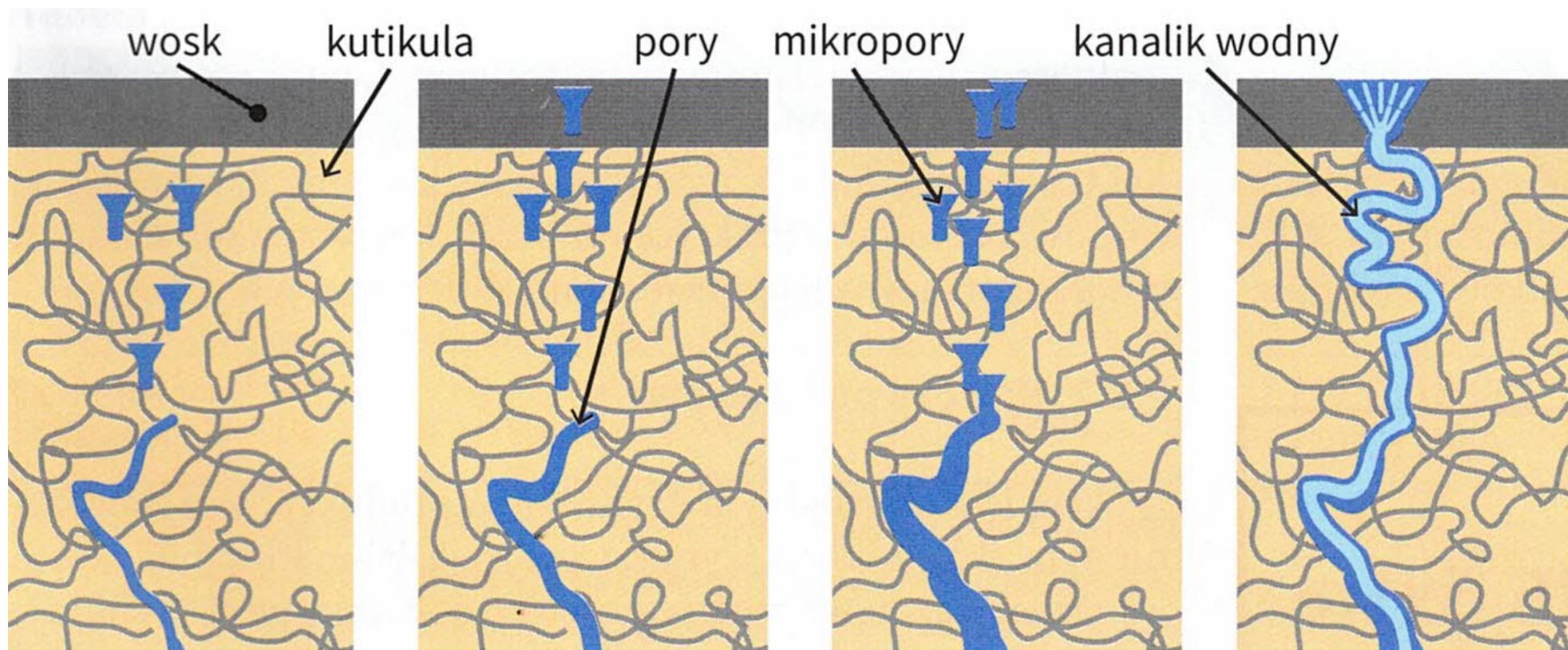


Warunki atmosferyczne a pobieranie składników z roztworów

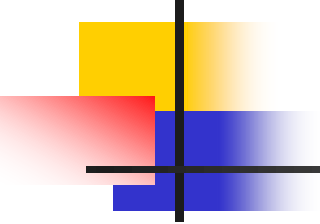
- Temperatura - optymalna 15-20°C;
- Łagodny wiatr (zależny od używanych dysz - im drobniejsza kropla tym mniejszy wiatr);
- Brak opadów - co najmniej 24 godziny od zabiegu;
- Wilgotność - powyżej 70% wilgotności względnej powietrza;
- Rosa;
- **Turgor - jędrne tkanki blaszki liściowej!!!!**



Etapy formowania kanalików wodnych w kutykuli na tle wzrastającej wilgotności liścia



Przy 100% wilgotności względnej powietrza liście zawierają dwukrotnie więcej wody niż przy wilgotności równej 50%!!!!



pH cieczy roboczej

pH roztworu i liścia

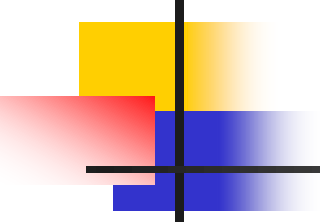
(odczyn wody, używanej do sporządzenia cieczy roboczej)

Woda w przedziale kwaśnym i lekko kwaśnym (pH 5,0-6,0) o niskiej zawartości wapnia wskazuje większy potencjał absorpcji przez roślinę!!!!

pH = 3

kutykuli utrzymuje się na poziomie

[Fernandez, 2013] – powyżej tej wartości zachodzi możliwość wymiany jonów pomiędzy środowiskiem, a wnętrzem liścia



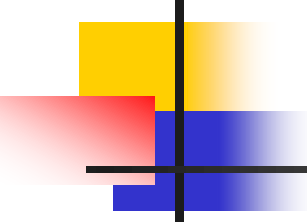
Koncentracja cieczy roboczej

Dyfuzja - musi zaistnieć gradient stężenia roztworów pomiędzy wnętrzem rośliny, a cieczą roboczą.

[Shonherr, 2001] – koncentracja w cieczy roboczej musi być znacznie większa, a wraz ze wzrostem stężenia składnika w roztworze wzrasta jego pobranie

Stężenie roztworu powinno określać się na bazie następujących czynników:

- **Rodzaj składnika, gatunek oraz faza rozwojowa rośliny, jej stan odżywienia, a także jej uwilgotnienie oraz grubość kutykuli.**

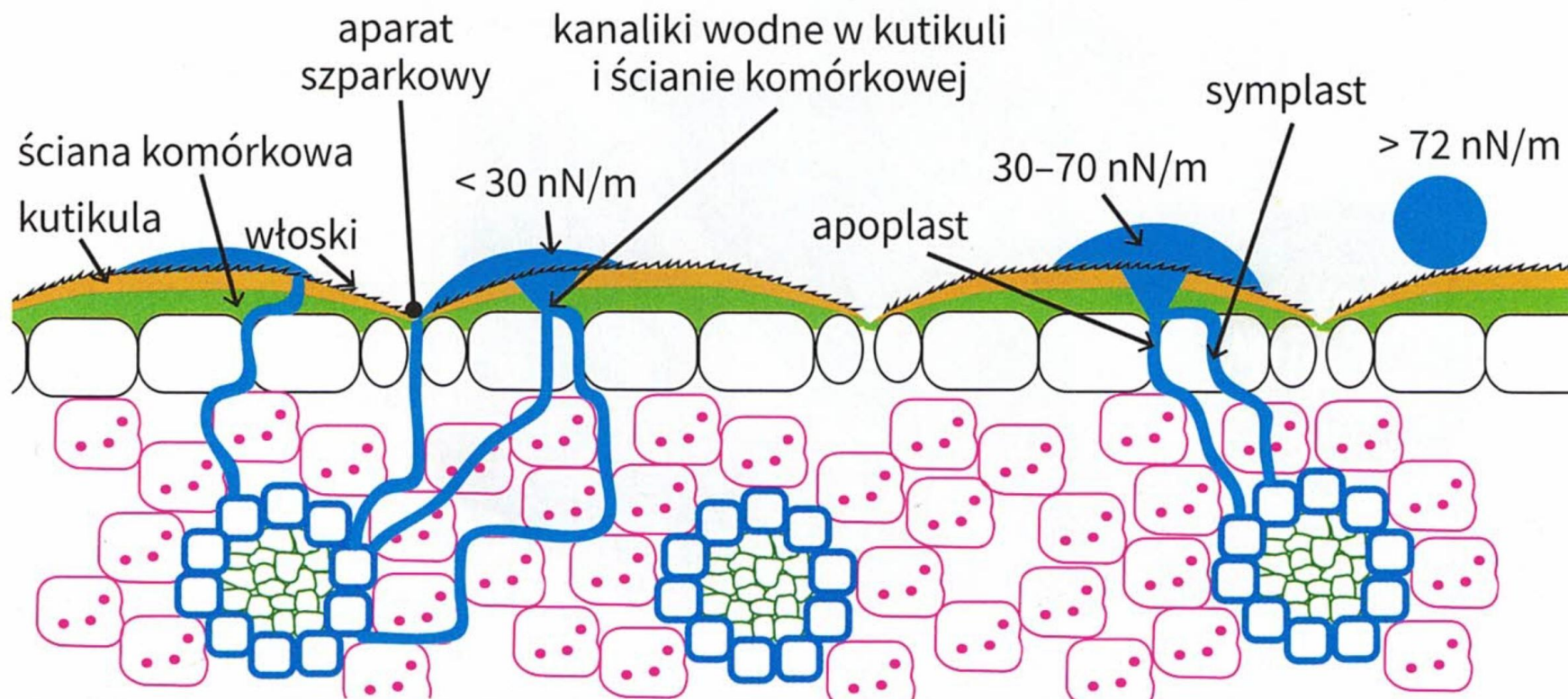


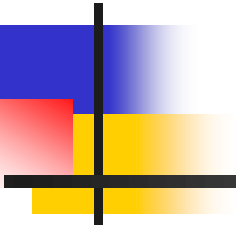
Stosowanie adiuwantów

- 1) **Surfaktanty** lub **środki powierzchniowo czynne**. Celem ich stosowania jest obniżenie napięcia powierzchniowego cieczy opryskowej.
- 2) **Adiuwanty olejowe**. Adiuwanty zwiększają rozpuszczalność wosku kutykularnego pokrywającego powierzchnię roślin lub go rozluźniają. W rezultacie ich działania do liścia wnika większa ilość zastosowanej substancji przez mikropory w strukturze woskowej, a nawet bezpośrednio przez wosk.
- 3) **Adiuwanty mineralne** (azotan wapniowy, mieszanina azotanu amonowego oraz saletry amonowej - RSM, a także sama saletra amonowa). Mogą funkcjonować jako **humektanty**, czyli substancje ograniczając szybkość wysychania kropeł opryskowych i krystalizację zawartych w nich agrochemikaliów.
- 4) **Kondycjonery wody (pH, twardość).**

Surfaktanty lub środki powierzchniowo czynne

związki chemiczne zmniejszające napięcie powierzchniowe

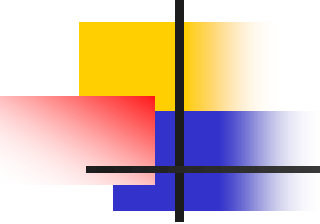




Odżywianie buraka cukrowego makroelementami

N, P, K, Mg, S, Ca...

Dolistne dokarmianie azotem można przeprowadzić od fazy 3 par liści właściwych do 2 tygodni po zwarcu międzyrzędzi stosując wodny roztwór mocznika lub gotowe nawozy zawierające ten składnik. W tym czasie można wykonać 2-3 zabiegi w 10-14 dniowych odstępach. Stężenie mocznika w cieczy roboczej powinno być dostosowane do warunków!!!!



Dolistne dokarmianie magnezem i siarką

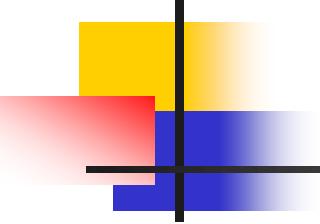
Siedmiowodny siarczan magnezu - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

**5% stężenie cieczy roboczej = 10kg nawozu w 200l
czyli 1,6kg MgO , tj. 0,97kg Mg**

oraz 1,3 kg S , tj. 3,25 kg SO_3

Uwaga:

5% stężenie cieczy roboczej standardowo stosuje się w sytuacji, gdy nawóz ten stosuje się samodzielnie a także z dokarmianiem azotem i mikroelementami. Natomiast, gdy powyższe składniki stosuje się łącznie ze środkami ochrony roślin to wskazanie jest zmniejszenie stężenia cieczy roboczej do 2,5-3,0%.



Dolistne dokarmianie magnezem i siarką

Zwykle zaleca się 2 zabiegi (można więcej):

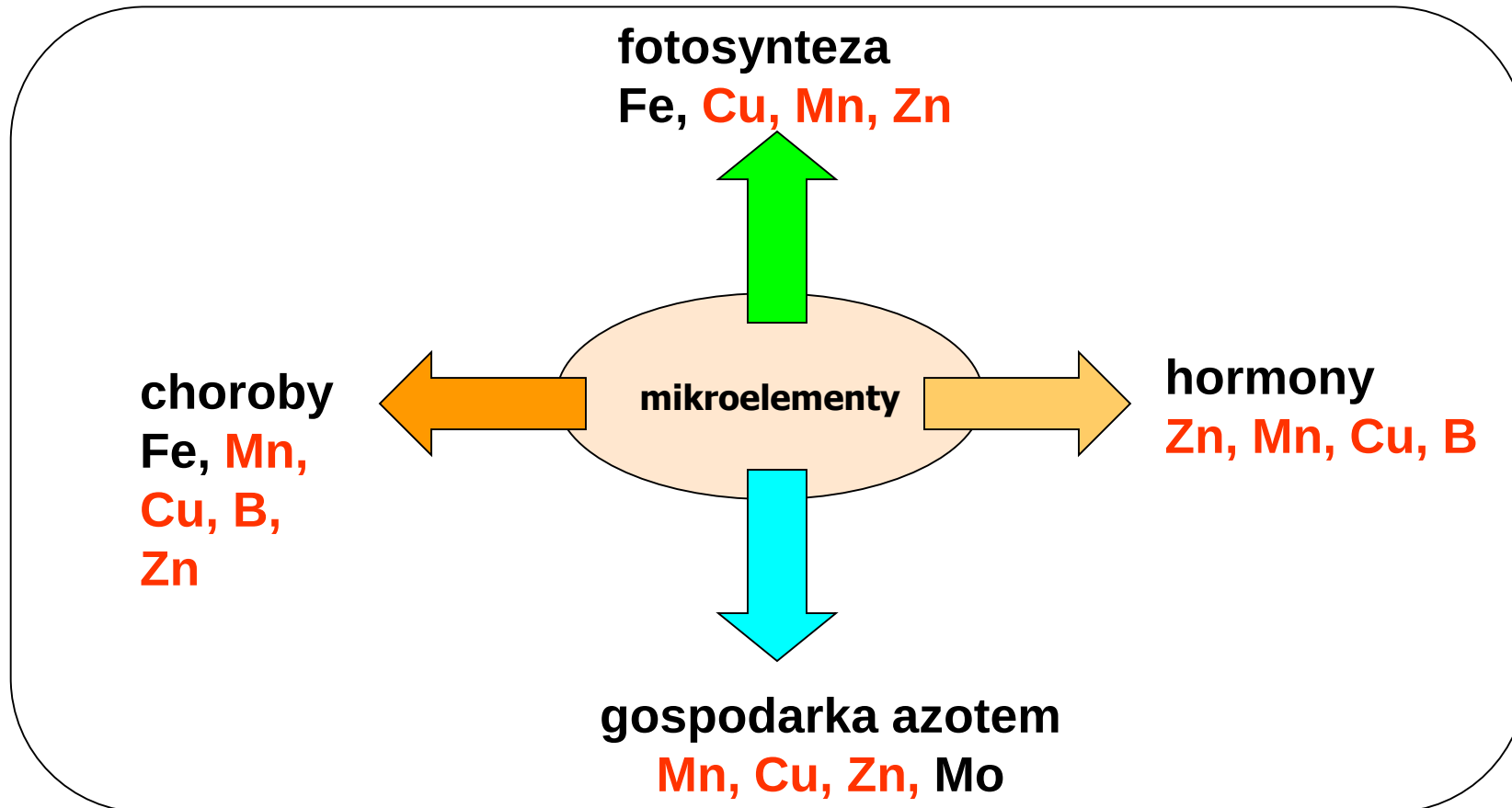
1. W fazie 3 par liści właściwych;

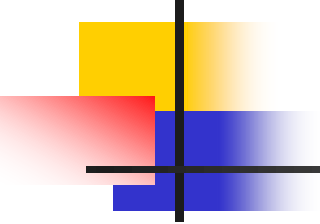
2. W fazie zwarcia międzyrzędzi;

3. Inne.

Profilaktyka mikroelementowa

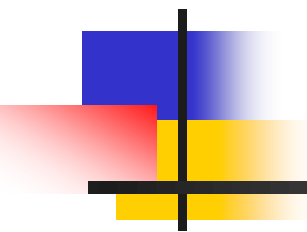
Główne funkcje mikroelementów w roślinie





Profilaktyka mikroelementowa

- 1. Czynniki kształtujące dostępność mikroelementów dla roślin.**
- 2. Preferencje (wrażliwość) rośliny względem określonych mikroelementów.**
- 3. Nawozy mikroelementowe.**
- 4. Dawki, terminy i techniki stosowania nawozów.**



Profilaktyka mikroelementowa

**czynniki kształtujące dostępność
mikroelementów dla roślin**

Czynniki kształtujące dostępność mikroelementów dla roślin

1. Glebowe

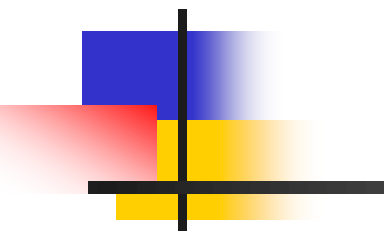
- zawartość formy przyswajalnej
- zawartość materii organicznej
- zawartość minerałów ilastych
- odczyn gleby (pH)
- wilgotność gleby - dostępność a wymywanie (**B, Mn, Mo**)
- **antagonizm i synergizm z innymi jonami**

2. Roślinne

- wrażliwość roślin - gatunek/odmiana;
- aktywność fizjologiczna korzeni roślin (zakwaszanie rizosfery - **rzepak ozimy**)

3. Agrotechniczne

- zmianowanie
- nawożenie (profil gospodarstwa → **produkcja obornika**)
- współdziałanie ochrony roślin i nawożenia mikroelementami



Czynniki glebowe

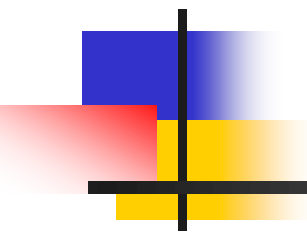
**antagonizm i synergizm z innymi
jonami**

Formy składników pokarmowych pobieranych przez rośliny

Makroskładniki	
Azot	NH_4^+ , NO_3^- , (N_2)
Fosfor	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
Potas	K^+
Siarka	SO_4^{2-} , SO_2 , H_2S
Wapń	Ca^{2+}
Magnez	Mg^{2+}

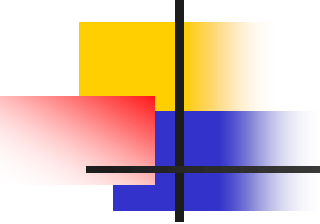
Makroskładniki	
Bor	H_2BO_3^- , H_3BO_3 $\text{B}(\text{OH})_4^-$
Chlor	Cl^-
Cynk	Zn^{2+} , chelat-Zn
Mangan	Mn^{2+} chelat Mn
Miedź	Cu^{2+} , chelat-Cu
Molibden	MoO_4^{2-}
Żelazo	Fe^{2+} , Fe^{3+} chelat Fe

Inne....jakie?????



Czynniki agrotechniczne

**wartość nawozowa nawozów naturalnych
(obornika)**

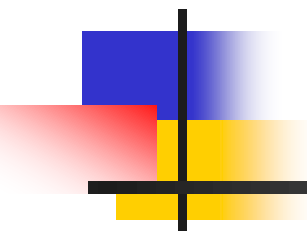


Wartość nawozowa obornika

Przybliżona zawartość mikroelementów w oborniku (Maćkowiak i in., 1998, 2000)

Rodzaj obornika	Mikroelementy, g/30t świeżej masy				
	Fe	B	Mn	Zn	Cu
Bydłęcy	17000	156	2590	1296	162
Świński	18000	120	2160	1602	168

Czy wystarczy sam obornik?



Profilaktyka mikroelementowa

**preferencje (wrażliwość) buraka cukrowego
względem określonych mikroelementów**

Wrażliwość roślin na niedobory mikroskładników

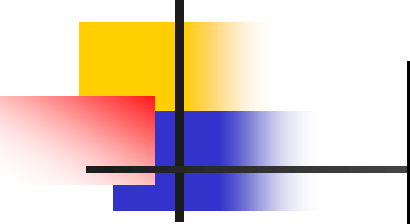
Roślina	Mikroelement					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Pszenica	średnia	bardzo duża	średnia	bardzo duża	mała	średnia
Pszenżyto	mała	średnia	średnia	duża	mała	mała
Jęczmień	mała	bardzo duża	średnia	duża	mała	mała
Owies	mała	duża	średnia	duża	średnia	mała
Żyto	mała	mała	średnia	mała	mała	mała
Kukurydza	duża	średnia	średnia	mała	mała	bardzo duża
Rzepak	bardzo duża	średnia	średnia	duża	średnia	mała
Burak cukrowy	bardzo duża	średnia	średnia	duża	średnia	mała
Ziemniak	mała	mała	średnia	duża	mała	średnia
Bobik	duża	duża	średnia	mała	duża	mała
Groch	mała	mała	średnia	duża	duża	mała
Koniczyna czerwona	duża	duża	średnia	duża	bardzo duża	średnia
Lucerna	bardzo duża	duża	średnia	średnia	duża	średnia

wrażliwość: ■ mała ■ średnia ■ duża ■ bardzo duża

Źródło: Korzeniowska i in., 2021

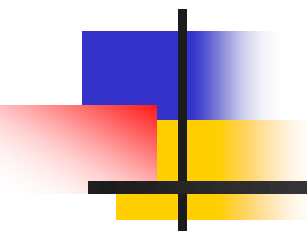
Wrażliwość roślin na niedobory mikroskładników

Źródło: Grzebisz



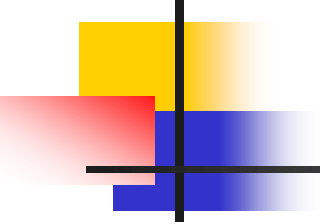
Roślina	Mn	Cu	Zn	B	Fe	Mo
Pszenica	4	4	2	1	2	1
Jęczmień	4	4	2	1	2	1
Rzepak	3	2	2	4	3	2
Kukurydza	3	2	4	3	3	1
Ziemniaki	4	2	2	3	3	1
Buraki cukrowe	3	2	3	4	2	2

1. Wrażliwość bardzo niska - objawy w zasadzie nie występują
2. Wrażliwość mała - niedobory ujawniają się rzadko najczęściej w formie utajonej
3. Wrażliwość umiarkowanie duża - wyraźna reakcja roślin, lecz objawy rzadko widoczne (głównie w niekorzystnych warunkach)
4. Wrażliwość duża - bardzo silna reakcja, widoczne objawy niedoboru



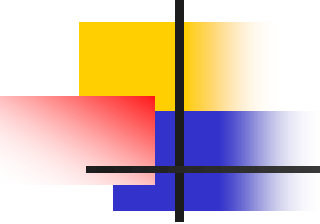
Profilaktyka mikroelementowa

nawozy mikroelementowe



Nawozy mikroelementowe

- Sole techniczne (np. siarczany, chlorki itp.)
- Chelaty i kompleksy mikroelementowe
- Fryty (szkliwa mikroelementowe)
- Inne...



Rozpuszczalność w wodzie

$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ **965 g/l (20°C)**

Tlenek cynku **0,0016 g/l (20°C)**

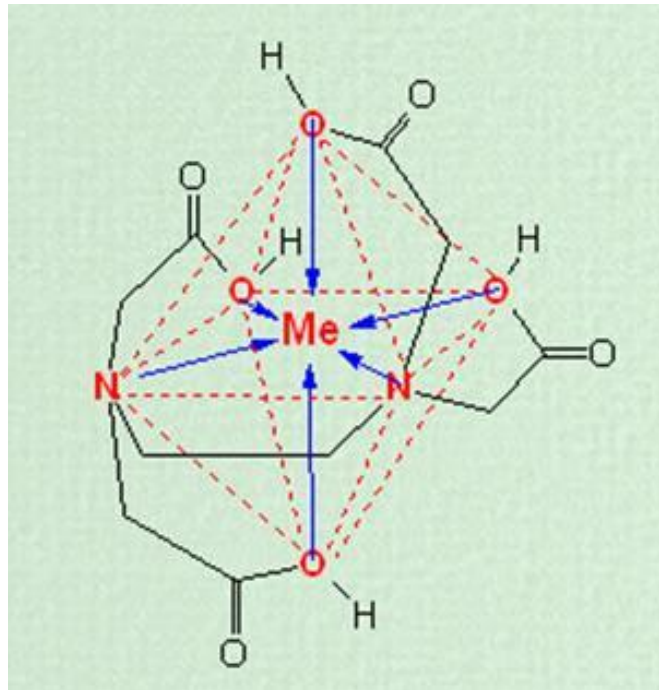
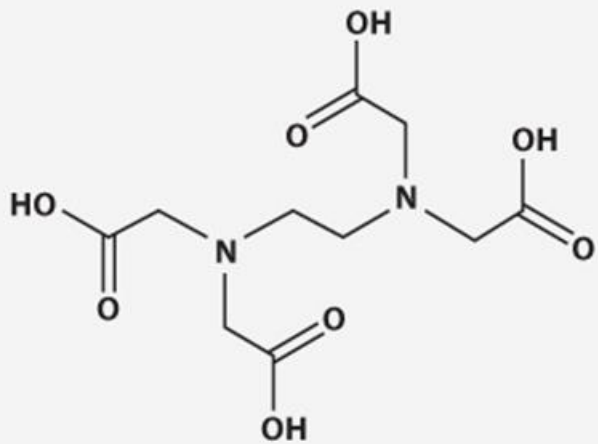
Węglan cynku **0,0000013 g/l**

Chelat EDTA

kwas etylenodiaminotetraoctowy - EDTA

EDTA został opatentowany w Niemczech w 1935 roku

W 1951 roku opublikowano wyniki pierwszych badań zastosowania **Fe EDTA** w rolnictwie.



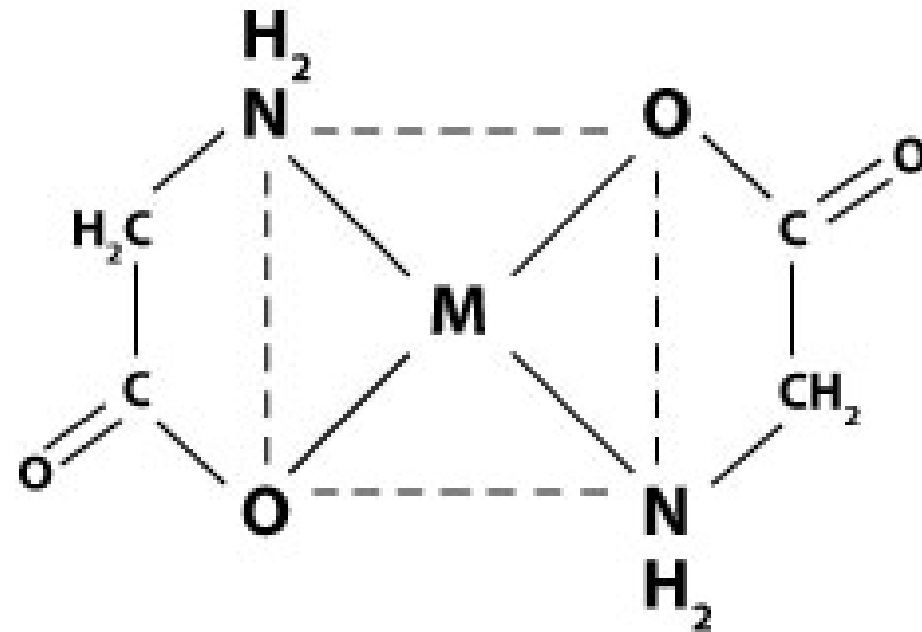
Zalety/wady:

- związki syntetyczne;
- wykorzystanie przez roślinę składnika, nośnik wydalany (problem środowiskowy);
- większa efektywność niż soli (temperatura!?).

Chelaty aminokwasowe

Zalety:

- związki naturalne rośliny;
- wykorzystanie przez roślinę zarówno składnika i nośnika;
- większa efektywność niż chelatów syntetycznych.

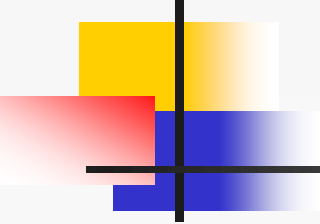


chelate glicynowy

Łączne stosowanie agrochemikaliów

?????





Łączne stosowanie agrochemikaliów

- Napełnienie wodą zbiornika opryskiwacza do 50-70% jego objętości



- Dodanie środków poprawiających właściwości wody



- Dodanie nawozów mineralnych - makro



- Dodanie nawozów mikroelementowych (**bor???**)



Łączne stosowanie agrochemikaliów c.d.

- Dodanie środków ochrony roślin w formie proszków lub granul do sporządzania zawiesiny (formy WP, WG).



- Dodanie środków ochrony roślin w formie koncentratu do sporządzania stężonej zawiesiny (forma SC).



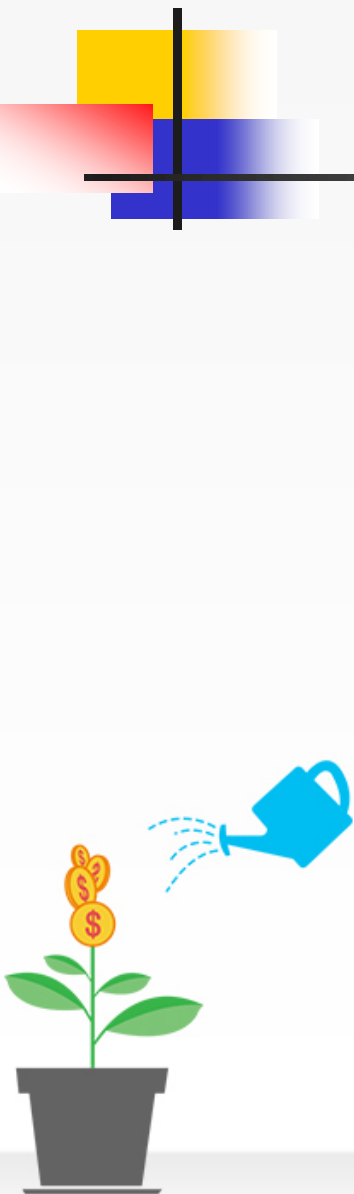
- Dodanie środków ochrony roślin w formie koncentratów do emulgowania (formy EC, EG, EW, SE).

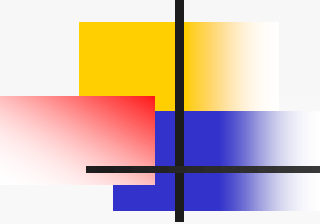


- Dodanie środków ochrony roślin w formie koncentratów do sporządzania roztworów (formy SL, SP, SG, OD).



- Dodanie wody prawie do pełnej objętości zbiornika opryskiwacza.



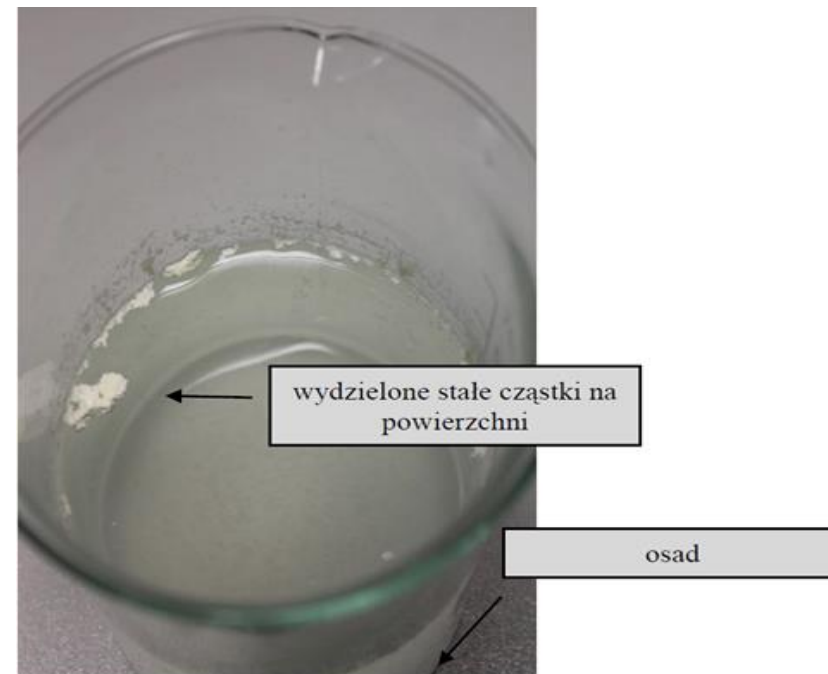
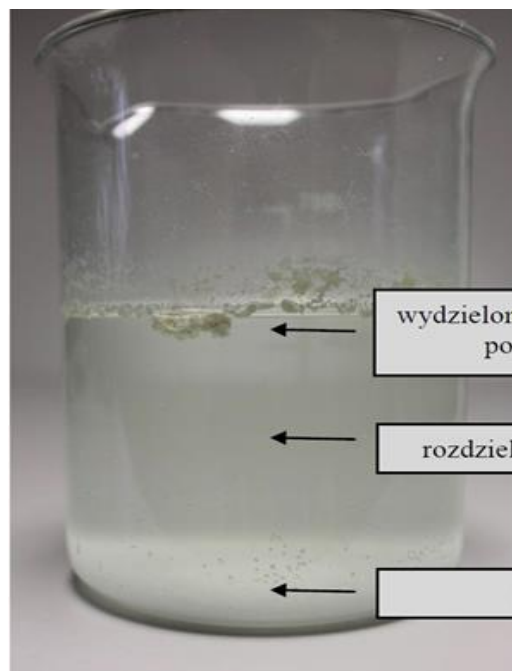


Kolejność dodawania składników, jeśli etykieta o tym nie mówi to:

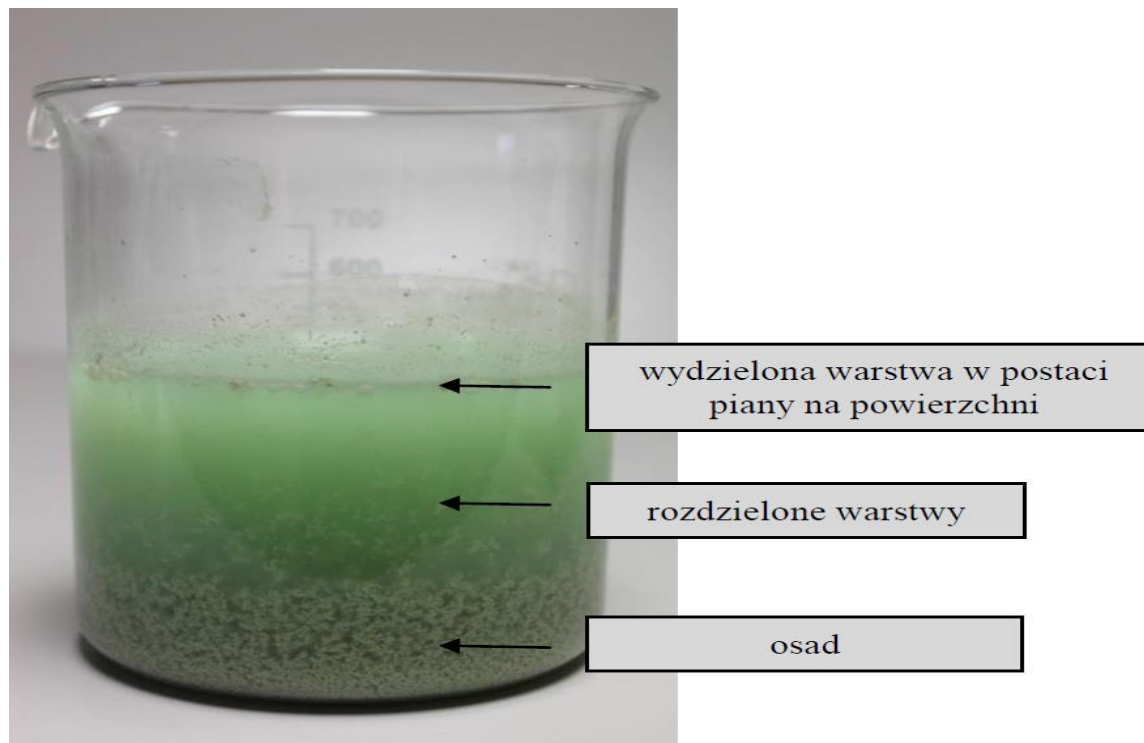
L.p.	Rodzaj formy użytkowej	Symbol
1	Zawiesiny	WP, WG, SC
2	Emulsje	EC, EG, EW, SE
3	Roztwory	SL, SP, SG, OD

- wymieszanie i obserwacja przez 15-30 minut (osad, kłaczkę, rozwarstwienia, niejednorodność, olej, przejaśnienia;
- najlepiej łączyć środki o tych samych formulacjach!

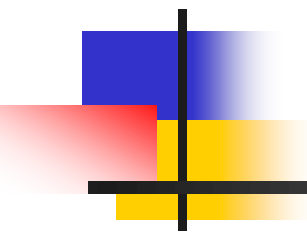
Przykłady wizualne błędnych rozwiązań



Przykłady wizualne błędnych rozwiązań



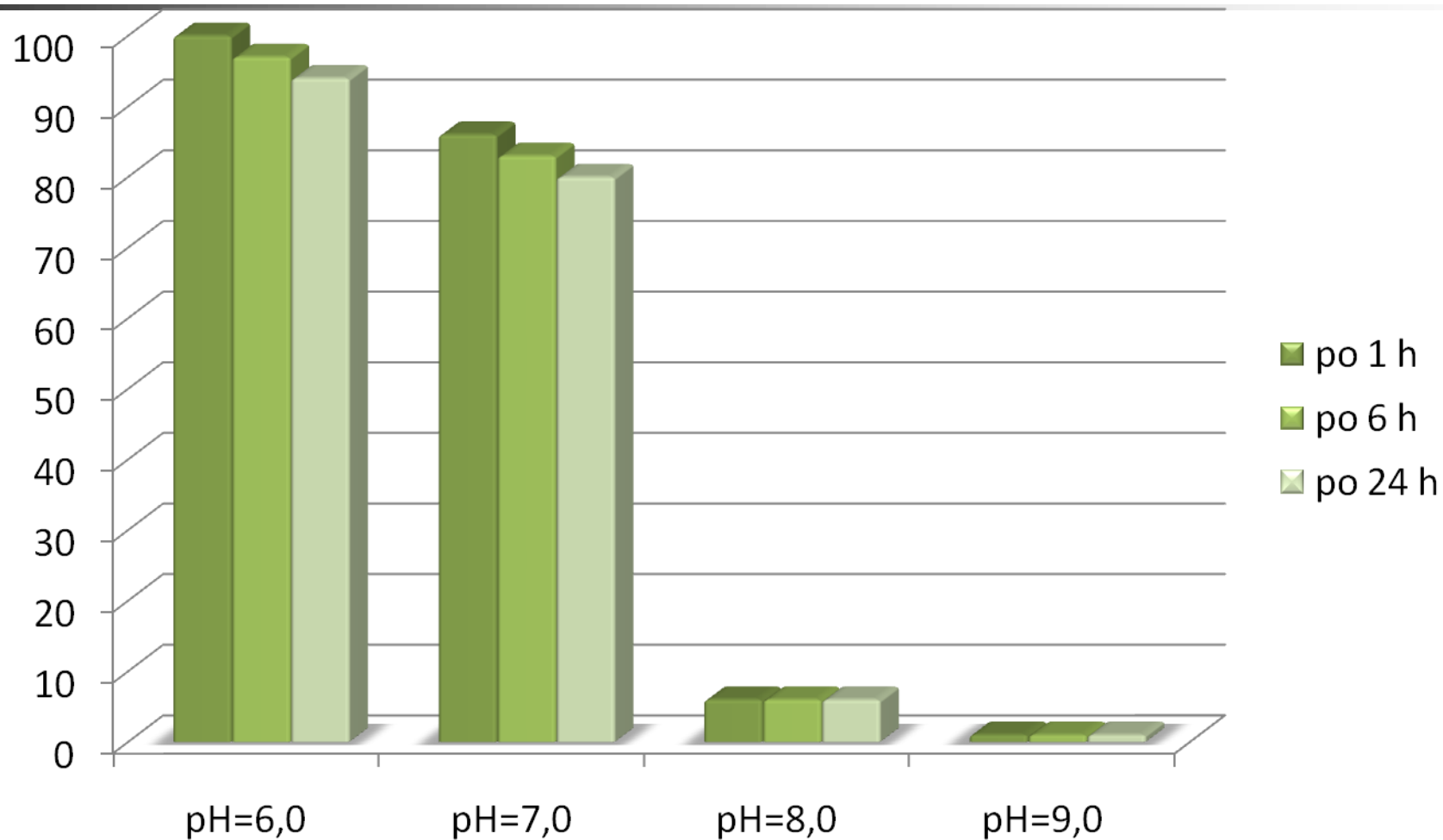
Źródło: Mrówczyński M.



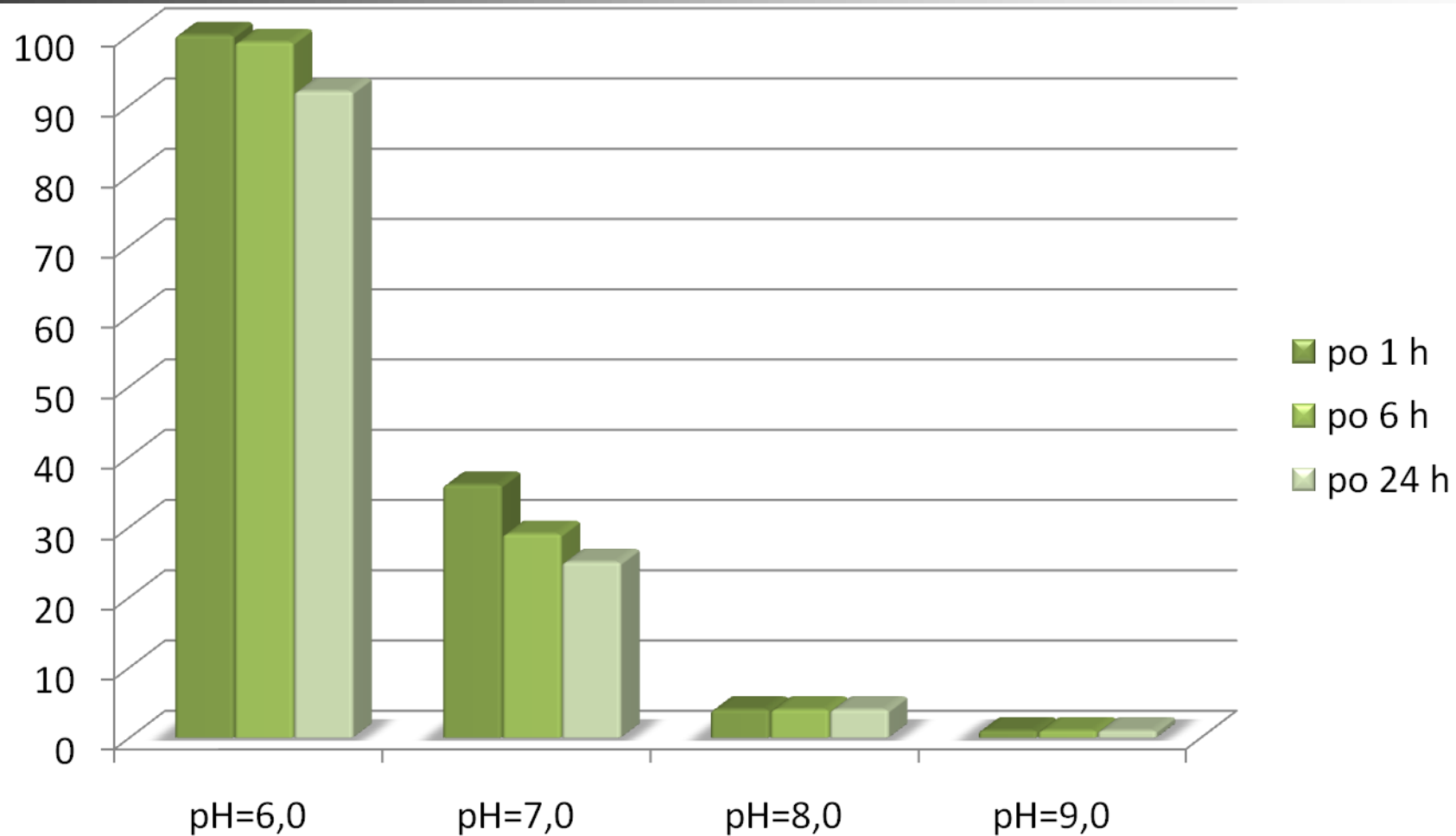
Mieszanki nawozowe

**pH roztworu, stężenie, czas,
formy chemiczne**

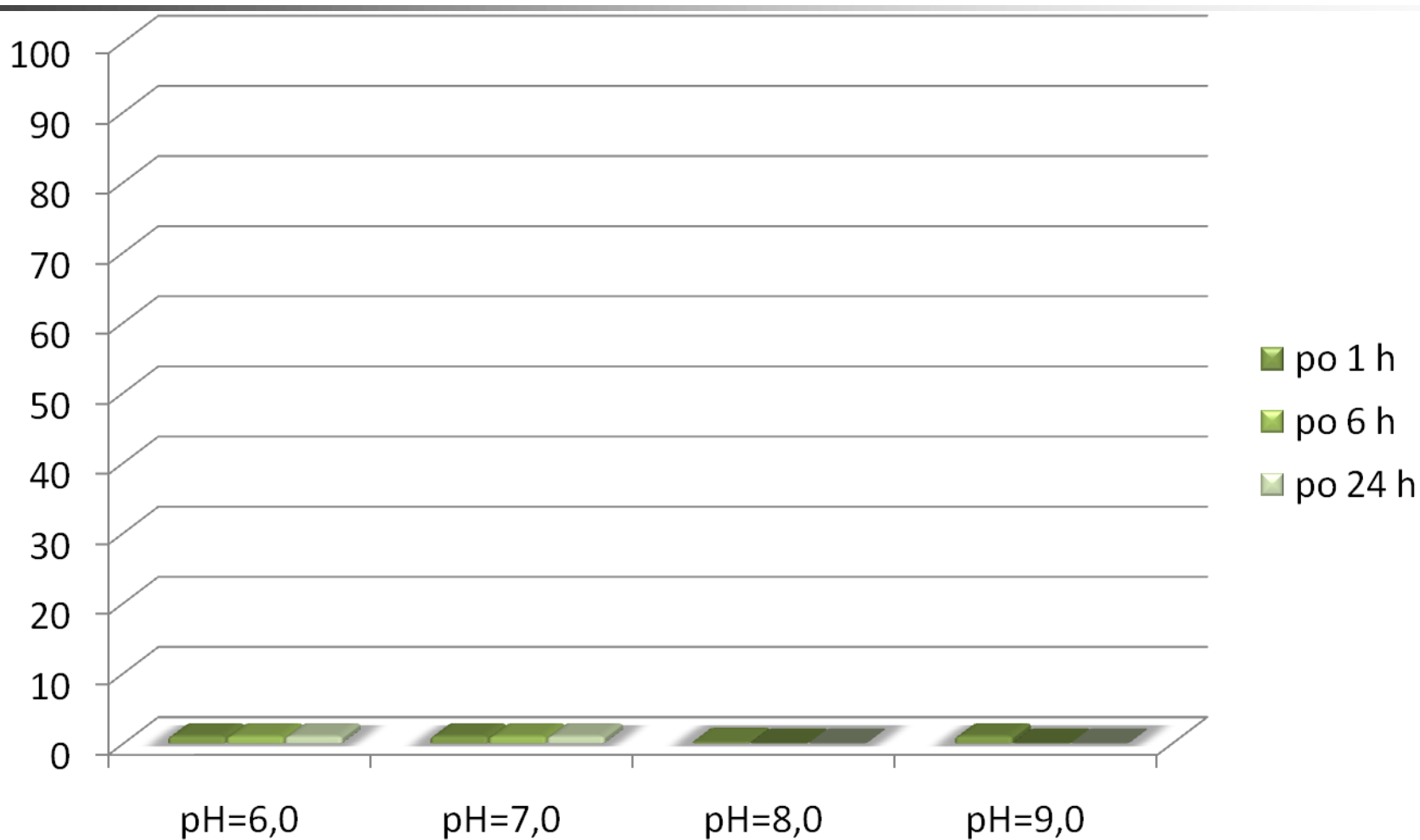
Wpływ pH na dostępność cynku dla 0,1% roztwór $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



Wpływ pH na dostępność cynku dla 0,5% roztwór $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

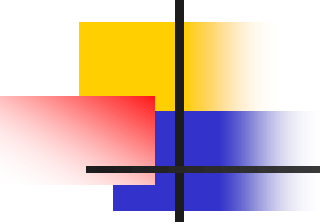


Wpływ pH i fosforanów na dostępność cynku dla roślin 0,1 i 0,5% roztwór $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



Mieszanie miedzi z borem



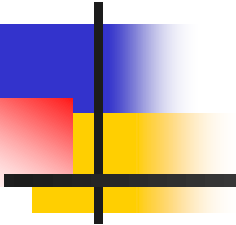


Zalety chelatów (kompleksów)

1. **Całkowita rozpuszczalność w wodzie chelatów niezależnie od pH wody użytej do sporządzenia roztworu w opryskiwaczu**
2. **Skuteczność działania - duża ilość i szybkość dostarczenia mikroskładników do rośliny**
3. **Brak negatywnych interakcji w cieczy roboczej jeśli pH wody wynosi >6**
4. **Wysoka stabilność, brak negatywnych interakcji w cieczy roboczej jeśli zawiera fosforany lub/i kwaśne węglany**
5. **Bezpieczeństwo dla roślin - duża tolerancja przez rośliny, bez ryzyka poparzeń powodowanych silnie kwaśnymi reakcjami np. soli mineralnych**
6. **Możliwość mieszania z większością środków ochrony**

Stałe trwałości kompleksów i chelatów

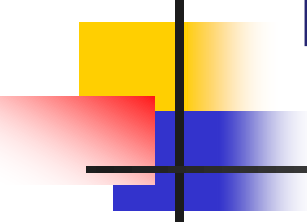
Kompleksy aminokwasów	Stałe trwałości kompleksów			
	Zn	Mn	Fe	Cu
Glicyna	5,16	3,2	10	8,2
Lizyna	-	2,1	4,5	8,2
Alanina	5,1	3,2	-	-
Aspargina	2,7	3,7	-	2,9
Kwas cytrynowy	4,5	3,2	2,8	6,1
Chelaty	Stałe trwałości chelatów			
EDTA	16,0	13,5	25,0	18,8
DTPA	18,5	15,6	29,0	-



Profilaktyka mikroelementowa

**nawożenie buraka cukrowego mikroelementami
bor, mangan, cynk, miedź, inne...**

Generalnie przyjmuje się, że w zależności od warunków i rodzaju stosowanych nawozów dawka składnika zastosowanego nalistnie powinna mieścić się w zakresie od 50 nawet do 300% potrzeb pokarmowych!!!



Przybliżone pobranie mikroskładników przez burak cukrowy, w g/1 tonę korzeni + liście

B	Mn	Zn	Cu	Fe
8,0-12,0	6,0-10,0	4,0-8,0	0,8-1,6	18,0-35,0

różne źródła - opracowanie własne

Terminy dolistnego dokarmiania

Bor co najmniej 3 razy, inne mikroelementy 2 razy!!!

1. Bor

- od stadium 4-6 liści do dwóch tygodni po zwarcu rzędów;
- **później - wczesny zabieg na chwościka;**

2. Mn, Zn, (Cu)

- 3 pary liści właściwych;
- zwarcie międzyrzędzi;



Fot. W. Szczepaniak

Deformacja liści



Początkowe objawy zamierania liści sercowych



Zaawansowane zamieranie liści sercowych



Sucha zgnilizna korzeni



Funkcje i niedobór manganu

Pierwiastek ten odgrywa istotną rolę w procesie fotosyntezy i aktywuje wiele enzymów biorących udział w metabolizmie cukrów i białek. Jego niedobór powoduje znaczne zmniejszenie zawartości cukru oraz obniżenie plonowania.

W buraku cukrowym niedobór manganu objawia się w postaci plamistych chloroz na liściach młodszych i średnich, często przechodzących w kolor szarobrązowy o ciemniejszych brzegach, które w sytuacji ostrego niedoboru zaczynają łączyć się ze sobą (plamistość sucha).



Fot. www.kali-gmbh.com



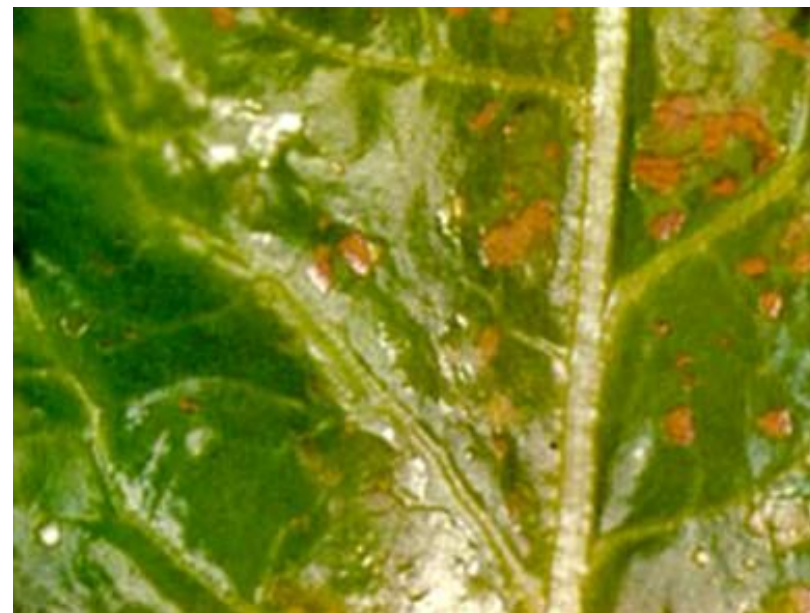
Niedobór manganu



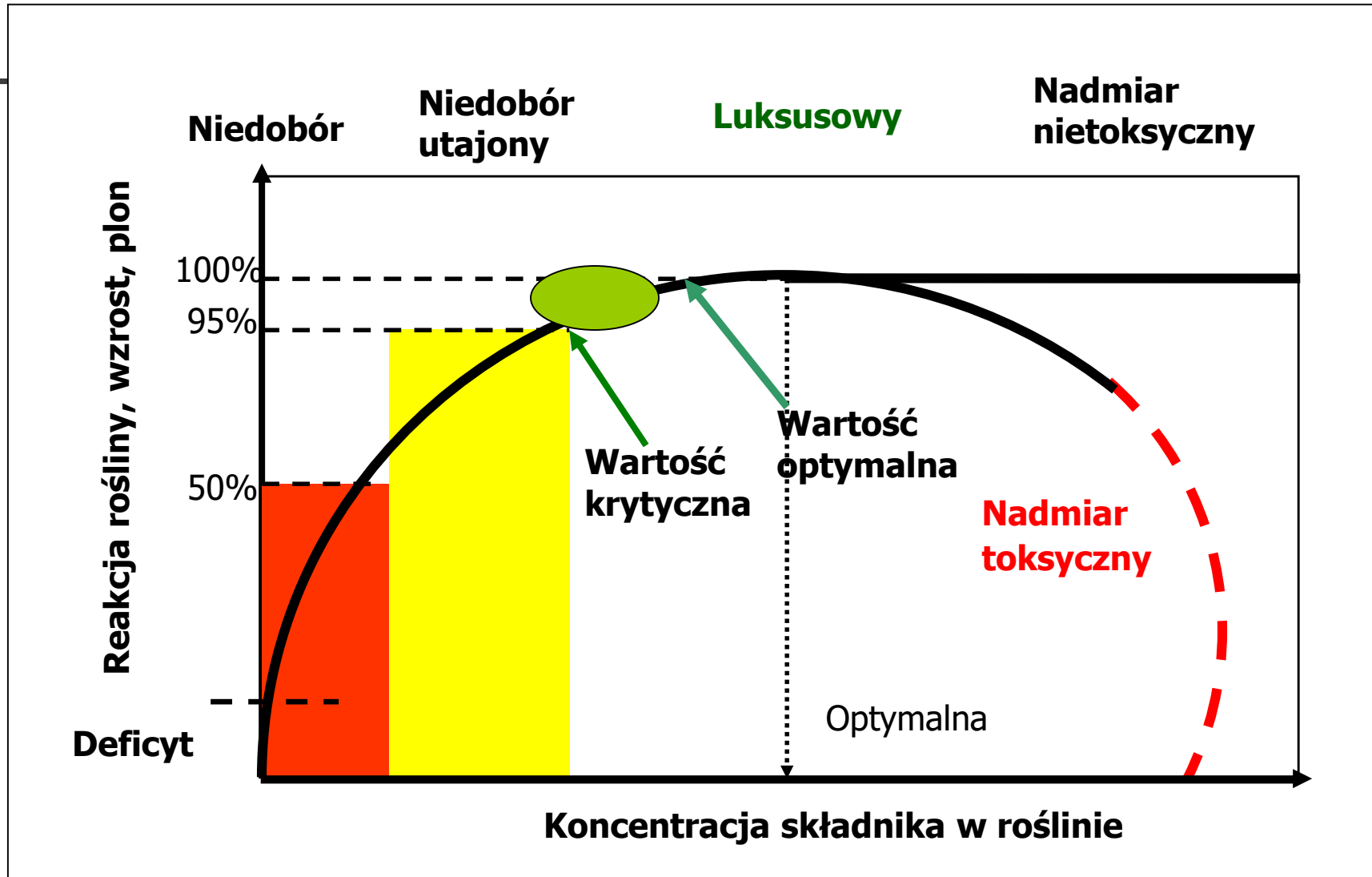
Funkcje i niedobór cynku

Pierwiastek ten odgrywa istotną rolę w przemianach azotowych i węglowodanowych, aktywuje wiele enzymów biorących udział w metabolizmie cukrów i białek. Spełnia rolę katalityczną (anhydraza węglanowa) i strukturalną w reakcjach enzymatycznych. Jego niedobór może powodować obniżenie plonowania aż o 25%.

Niedobór cynku objawia się w postaci zmniejszonej powierzchni liści a także jasnozielonych przebarwień powierzchni między nerwami młodych liści. Występują także szerokie białe przebarwione pasma nerwu środkowego. Rośliny posiadają karłowaty wygląd u których często występuje choroba bielenia liści.



Stany odżywienia roślin w składniki pokarmowe





Dziękuję bardzo za uwagę!!!