

**Anna Kocoń**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## POTRZEBY POKARMOWE ROŚLIN\*

**Słowa kluczowe:** potrzeby pokarmowe roślin, niezbędne składniki, makroelementy, mikroelementy

---

### Wstęp

Rośliny do wzrostu, rozwoju i wydania odpowiedniego plonu potrzebują składników pokarmowych pobranych, w zależności od gatunku, w odpowiednich ilościach i proporcjach. Nie wszystkie znajdujące się w roślinach pierwiastki, które zostały przez nie pobrane są dla nich niezbędne, a część z nich to nawet pierwiastki toksyczne. Rośliny, posiadają tylko ograniczone możliwości do selektywnego pobierania mineralnych składników z podłoża, dlatego też w warunkach zanieczyszczenia gleb np. metalami ciężkimi pierwiastki te również są przez nie pobierane (10). Rośliny pobierają składniki pokarmowe głównie przez korzeń, ale mogą także, chociaż w ograniczonych ilościach, pobierać je przez liście. Z żywieniowego punktu widzenia, najważniejsze dla wzrostu, rozwoju i plonowania roślin są tzw. składniki niezbędne, bez których roślina nie może się prawidłowo rozwijać. Obecnie za niezbędne składniki pokarmowe dla wzrostu i rozwoju roślin wyższych uważa się 17 pierwiastków (23). Przyjmuje się 3 kryteria niezbędności pierwiastka:

- przy braku składnika roślina nie może przejść pełnego cyklu rozwojowego,
- działanie składnika nie może być zastąpione przez żaden inny pierwiastek,
- pierwiastek musi brać bezpośredni udział w procesach metabolicznych rośliny jako część składowa metabolitu lub aktywator enzymów.

Pierwiastki niezbędne w zależności od ilościowego zapotrzebowania dzieli się na makroelementy i mikroelementy (18, 23). Makroelementy występują w roślinach na ogół w ilości powyżej 0,1% suchej masy. Zawartość mikroelementów jest w roślinach

---

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

około 1000-krotnie mniejsza. Do grupy pierwszej, oprócz podstawowych elementów substancji organicznych, takich jak: węgiel (C), wodór (H) i tlen (O) należą także: azot (N), fosfor (P), potas (K), wapń (Ca), magnez (Mg) i siarka (S). Natomiast do grupy drugiej zalicza się: chlor (Cl), żelazo (Fe), mangan (Mn), cynk (Zn), bor (B), miedź (Cu), molibden (Mo) i nikiel (Ni). Wyróżniono ponadto trzecią grupę pierwiastków tzw. pożytecznych dla niektórych roślin, a mianowicie: sód (Na), który korzystnie stymuluje wzrost natriofitów (roślin lubiących sól), np. buraka cukrowego, a który, w niektórych funkcjach, może u większości roślin zastępować potas. Do tej grupy zaliczany jest również krzem (Si), który m.in. zmniejsza parowanie z powierzchni liści roślin, czy też kobalt (Co), który jest niezbędnym składnikiem pokarmowym dla roślin wiążącym azot atmosferyczny.

O ile niezbędne w żywieniu roślin makroelementy pełnią w nich głównie funkcje budulcowe, to mikroelementy są przede wszystkim składnikami enzymów. Niezależnie od ilościowych zawartości w roślinach, udział zarówno jednych jak i drugich, w odpowiednich proporcjach i ilościach, jest niezbędny (21). Jeśli brakuje któregoś z niezbędnych dla roślin składników pokarmowych lub występuje on w niewystarczającej ilości, to niedobór tego składnika powoduje zakłócenia w metabolizmie rośliny i zgodnie z prawem minimum Liebiga, wielkość plonu rośliny ograniczona jest niedoborem właśnie tego składnika (5, 18, 22, 23).

Występuje dość duże zróżnicowanie zawartości makro- i mikroelementów w poszczególnych gatunkach roślin (4, 7, 8). Różnice te wynikają m.in. z różnic w potrzebach pokarmowych między gatunkami, w pobieraniu składników, a także z różnic środowiskowo-glebowych, w których rosną rośliny. Jeśli zasobność gleby w składniki pokarmowe jest większa, rośliny na ogół pobierają większe ilości tych pierwiastków (8).

### **Funkcje i rola niezbędnych makroelementów w roślinach**

**Azot** – tkanki roślin zawierają dużo azotu (tab.1). Zajmuje on czwarte miejsce w biomase roślin, po węglu, tlenie i wodrze. Azot jest podstawowym składnikiem budulcowym, bierze udział prawie we wszystkich reakcjach biochemicznych zachodzących w roślinach (18, 21, 23). Jest pierwiastkiem niezbędnym do budowy aminokwasów, amidów, białek, kwasów nukleinowych, koenzymów, chlorofilu, fitohormonów, cytokinin. Określany jest podstawowym pierwiastkiem plonotwórczym, a jego niedobór w czasie wzrostu roślin stanowi bardzo silny czynnik ograniczający ich wzrost i rozwój (7, 21). Azot jest też w największym stopniu odpowiedzialny za wytwarzanie powierzchni liściowej roślin decydującej o intensywności fotosyntezy – podstawowego procesu warunkującego plon roślin. Pierwiastek ten jest łatwo przemieszczany w roślinie z organów starszych do młodszych – intensywnie rosnących. Z tego względu pierwszym symptomem niedoboru azotu jest żółknięcie liści starszych. Rośliny pobierają azot przez korzenie i liście, głównie w formie azotanowej ( $\text{NO}_3^-$ ), amonowej ( $\text{NH}_4^+$ ) oraz jako mocznik. Duże znaczenie w efektywnym wykorzysta-

niu azotu przez roślinę ma odpowiednie jej żywienie także wszystkimi pozostałymi, niezbędnymi składnikami pokarmowymi (5, 6, 18, 21).

Tabela 1

Zawartość makroelementów w roślinach oraz objawy ich niedoborów

Pierwiastek	Zawartości % s.m.	Objawy niedoboru
Azot	0,1-6,0	hamowanie wzrostu, szczególnie liści, mała krzewistość, chloroza liści starszych, łatwa reutilizacja
Potas	0,5-10,0	plamy chlorotyczne i nekrotyczne (od wierzchołka i brzegów blaszki) na liściach starszych (dolnych), wiotka łodyga, zahamowany wzrost, szczególnie organów spichrzowych, łatwa reutilizacja
Wapń	0,2-5,0	drastyczne zahamowanie wzrostu, zamieranie wierzchołków, śluzowacenie korzeni, nietypowe chlorozy, deformacja liści, zasychanie wierzchołków liści, szczególnie kapustnych, sucha zgnilizna owoców, słaba reutilizacja międzyorganowa
Fosfor	0,04-1,0	zahamowanie wzrostu, liście ciemnozielone, często od dolnej strony fioletowopurpurowe, łatwa reutilizacja
Magnez	0,5-0,8	chlorozy przechodzące w nekrozy (na liściach dolnych pięter plamy między żyłkami) w skrajnych przypadkach nekroza brzegów liści, łatwa reutilizacja
Siarka	0,05-0,8	chloroza całych liści, żyłki czerwone, czasem brak turgoru liści, łatwa reutilizacja

Źródło: opracowanie własne na podstawie Starck, 2007 (23) oraz Bergmann, 1997 (2)

**Potas** – średnia zawartość potasu w roślinach wynosi 2–5% suchej masy, chociaż może dochodzić nawet do 10%. Szczególnie duże ilości potasu zawierają organy spichrzowe. Jest on jedynym makroelementem w roślinie nietworzącym trwałych połączeń ze związkami organicznymi. Występuje jako jon jednowartościowy – kation  $K^+$ . Funkcja tego składnika w roślinie związana jest przede wszystkim z aktywacją ponad 50 różnych enzymów, uczestniczących głównie w procesie fotosyntezy, oddychaniu, osmoregulacji aparatu szparkowego i równowadze jonowej (18, 23). Stosunkowo duże stężenie  $K^+$  jest koniecznym warunkiem biosyntezy białek. Potas sprzyja pobieraniu azotu, reguluje gospodarkę węglowodanami, a także gospodarkę wodną roślin (5, 6). Jon  $K^+$  odgrywa główną rolę w osmoregulacji komórek, szczególnie w warunkach deficytu wodnego. Deficyt potasu prowadzi do zaburzeń większości procesów fizjologicznych, głównie transportu asymilatów i wzrostu (17). Potas jest łatwo przemieszczany z organów starszych do młodszych, stąd niedobory składnika ujawniają się najpierw się na liściach starszych (tab. 1).

**Wapń** – zawartość wapnia w roślinach może dochodzić do 5,0% suchej masy. Rośliny dwuliścienne na ogół mają go więcej niż jednoliścienne. Rola wapnia w roślinie polega przede wszystkim na regulacji wielu enzymów, m.in. ATP-azy, amylazy oraz fosfolipazy (18, 23). Wapń wraz z potasem i magnezem wpływa na stan fizyczny koloidów. Jest składnikiem pektyn i ściany komórkowej – stabilizatorem błon komórkowych, pierwiastkiem niezbędnym do wzrostu roślin, ważnym dla

prawidłowego wzrostu korzeni. W przypadku deficytu Ca następuje zahamowanie podziału i wzrostu elongacyjnego komórek, co pociąga za sobą zahamowanie wzrostu roślin, zamieranie wierzchołków pędów, deformację liści, śluzowacenie korzeni. Wapń jest słabo przemieszczany między organami roślin. Pobierany jest przez rośliny z gleby tylko w stosunkowo niskim pH, jako jon  $\text{Ca}^{2+}$ , w formie rozpuszczalnej.

**Fosfor** – występuje w roślinach w niższych zawartościach niż N, K i Ca (tab. 1), ale jego rola jest niemniej ważna. Jest m.in. składnikiem kwasów nukleinowych, nukleotydów, koenzymów, fosfolipidów (18, 23). Bierze udział w przemianach energetycznych oraz w regulacji aktywności enzymów poprzez ich fosforylację lub defosforylację. Fosfor jest kluczowym makroelementem w procesach katabolicznych i anabolicznych. Odgrywa dużą rolę w transporcie związków organicznych oraz jonów nieorganicznych przez błonę komórkową. Fosfor pobierany jest przez rośliny w formie anionowej:  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  oraz  $\text{HPO}_4^{2-}$ . W roślinach jest łatwo przemieszczany z organów starszych do młodszych.

**Magnez** – rośliny zawierają do 0,8% tego pierwiastka w suchej masie. Magnez jest składnikiem chlorofilu, aktywatorem wielu enzymów, głównie uczestniczących w przenoszeniu reszt fosforanowych (18, 23). Jest pierwiastkiem bardzo ruchliwym; wiążąc się z różnymi enzymami, tworzy z nimi wiązania jonowe typu mostków, m.in. między białkiem a ATP. Uczestniczy w regulacji pH w komórce. Magnez jest pierwiastkiem antagonistycznym w stosunku do jonów  $\text{K}^+$  i  $\text{NH}_4^+$ , co w przypadku niewłaściwych proporcji między tymi składnikami prowadzić może do zakłócenia w pobieraniu tych jonów (17). Jest pierwiastkiem łatwo przemieszczającym się w roślinie.

**Siarka** – występuje w roślinach w ilościach dorównujących magnezowi (tab. 1). Ten niezbędny makroelement jest składnikiem aminokwasów: cystyny, cysteiny, metioniny, a także białek, sulfolipidów, koenzymów (np. CoA), glutationu, fitochelatyn, kwasu liponowego. Występuje on również w związkach smakowych i zapachowych m.in. chrzanu, cebuli, czosnku (23). Rolą siarki we wzroście i rozwoju roślin jest zwiększenie m.in. efektywności wykorzystania azotu, fosforu oraz mikroelementów (19). W przypadku deficytu siarki, stosunkowo mało ruchliwej w roślinie, objawy niedoboru w postaci chlorozy pojawiają się najpierw na liściach młodszych. Rośliny pobierają siarkę, głównie w postaci utlenionej jako jon  $\text{SO}_4^{2-}$ , przez korzeń, w mniejszych ilościach także przez liście. Siarka może być również w niewielkich ilościach pobierana przez rośliny z atmosfery jako dwutlenek siarki  $\text{SO}_2$ .

### Funkcje i rola mikroelementów

**Chlor** – mimo że występuje w roślinach w ilościach największych spośród wszystkich mikroelementów – do  $5500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy, dorównując zawartościom makroelementów (tab. 2), to jest traktowany jako mikroelement. Wystarczające do zapewnienia prawidłowego wzrostu roślin zawartości tego pierwiastka są niewielkie

i wynoszą zaledwie 10–30 mmol·kg<sup>-1</sup>s.m. Niezbędność chloru w roślinach związana jest przede wszystkim z procesem fotosyntezy, dokładniej z reakcją Hilla – rozkładu wody, w której uczestniczy wraz z manganem. Ponadto chlor stymuluje enzym H<sup>+</sup> ATP-azy oraz spełnia ważną rolę w osmoregulacji komórek (23). Chlor pobierany jest przez rośliny jako rozpuszczalny anion Cl<sup>-</sup>. O ile niedobory chloru nie występują, to na glebach zasolonych pierwiastek ten może być akumulowany w nadmiernych ilościach.

Tabela 2

Zawartość mikroelementów w roślinach oraz objawy ich niedoborów

Pierwiastek	Zawartości (mg·kg <sup>-1</sup> )	Objawy niedoboru
Chlor	10-5500	prawie niespotykane, łatwa reutilizacja
Żelazo	50-1000	chloroza całych liści młodych, bardzo mała reutilizacja
Cynk	20-1500	zahamowanie wydłużania międzywęźli, redukcja powierzchni blaszek liściowych, jasnozielone przebarwienia liści starszych
Mangan	20-500	mozaikowa chloroza, nekroza międzyżyłkowa, niekiedy smugowate plamy, zahamowanie wzrostu, opadanie liści, mała reutilizacja
Bor	1-115	nekroza wierzchołków wzrostu pędu i korzeni, liście kruche, zamieranie kwiatów, brak zawiązywania owoców, nekrozy floemu, mała reutilizacja międzyorganowa
Miedź	1-30	nekrotyczne plamy, niebieskozielonawa barwa liści, czasem brak turgoru, zaburzenia w formowaniu organów generatywnych
Molibden	0,1-2,0	redukcja rozwoju blaszki liściowej, chloroza liści młodych, deformacja pędu, zahamowanie brodawkowania i wzrostu roślin motylkowatych
Nikiel	0,1-1,0	brak danych

Źródło: opracowanie własne na podstawie Starck, 2007 (23) oraz Bergmanna, 1997 (2)

**Żelazo** – zawartość tego pierwiastka w roślinach jest stosunkowo duża (tab. 2). Niegdyś żelazo zaliczane było przez niektórych autorów do makroelementów, jednak obecnie, ze względu na funkcje katalityczne, powszechnie włączane jest do mikroelementów (10, 23). Funkcje żelaza jako niezbędnego składnika w roślinie są różnorakie. Jest ono głównym składnikiem enzymów: cytochromów, ferredoksyny, dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy, peroksydazy, reduktazy azotanowej. Ważną funkcją żelaza jest aktywacja syntezy chlorofilu i niektórych białek. Około 80% Fe w roślinach znajduje się w chloroplastach (22). Żelazo pobierane jest dobrze z roztworu o niskim pH w formie kationów Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> oraz dość efektywnie – w formie chelatów. Mikroelementem antagonistycznym w stosunku do Fe jest Mn (10); stąd potrzeba utrzymania odpowiedniej proporcji między tymi składnikami. Żelazo jest bardzo słabo przemieszczane w roślinie, dlatego objawy jego niedoboru w postaci chlorozy całych liści ujawniają się w pierwszej kolejności na najmłodszych liściach.

**Cynk** – koncentracja tego pierwiastka w roślinach waha się w dużych granicach (tab. 2). Cynk jest składnikiem wielu enzymów: anhidrazy węglanowej, karboksypep-

tydazy, dehydrogenazy alkoholowej, dysmutazy ponadtlenkowej (18, 22). Uczestniczy w metabolizmie cukrów i syntezie białek, reguluje ekspresje genów oraz wchodzi w skład rybosomów. Przy deficycie cynku w roślinach występują zaburzenia wzrostu roślin, m.in. ulegają skróceniu międzywęzła, zmniejsza się również powierzchnia blaszek liściowych (20). Jest on najlepiej pobierany przez rośliny z gleby kwaśnej, w postaci kationu  $Zn^{2+}$  oraz w formie schelatowanej. Cynk jest pierwiastkiem antagonistycznym w stosunku do fosforu, stąd też przy niewłaściwym stosunku P:Zn występują zakłócenia w jego pobieraniu.

**Mangan** – zawartość tego pierwiastka dochodzi do  $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy. Mangan aktywuje lub jest składnikiem wielu enzymów uczestniczących w reakcjach dekarboksylacji, hydrolizy i utleniania. Bierze udział w procesie fotosyntezy – w fotolizie wody. Mn aktywuje także wiele enzymów biorących udział w metabolizmie cukrów, białek i lipidów (18, 22). Niedobór tego mikroelementu prowadzi do hamowania wzrostu wydłużeniowego oraz zwiększania wrażliwości roślin na niskie temperatury. Mangan pobierany jest dobrze z gleby kwaśnej, w postaci kationów  $Mn^{2+}$  oraz  $Mn^{3+}$ , a także w formie schelatowanej. Do jonów ograniczających jego pobieranie należy  $Mg^{2+}$  oraz  $Ca^{2+}$ .

**Bor** – występuje w roślinach do  $115 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy. Rośliny jednoliścienne mają mniejsze wymagania pokarmowe względem boru w stosunku do dwuliściennych (12, 20, 22). Mimo, że bor został zaliczony do niezbędnych składników pokarmowych w latach dwudziestych ubiegłego wieku, dotychczas nie poznano w pełni jego funkcji fizjologicznych. Wiadomo, że B uczestniczy w procesie podziału i wzrostu łagiewki pyłkowej, a także w syntezie i lignifikacji ściany komórkowej. Klasyczne objawy obserwowane w przypadku braku boru to kruchość liści i ich łamliwość, szczególnie liści młodszych. Pierwiastek ten najlepiej pobierany jest przez rośliny z gleb kwaśnych, w postaci kwasu borowego  $H_2BO_3$ , który jest bardziej dostępny niż forma anionu  $B(OH)_3^-$  przeważająca w środowisku zasadowym. Do niedawna uważano, że bor w roślinie jest nieruchomy, jednak nowsze badania (3, 12) wskazują, że bor jest częściowo przemieszczalny, przynajmniej w niektórych roślinach.

**Miedź** – zawartość tego mikroelementu w roślinach dochodzi do  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy (tab. 2). Miedź jest składnikiem wielu enzymów uczestniczących w reakcjach oksydoredukcyjnych, m.in. w procesie fotosyntezy i oddychania oraz w metabolizmie związków azotowych i cukrowców, a także uczestniczy w lignifikacji ściany komórkowej (23). Mikroelement ten jest łatwo reutilizowany z organów starszych do młodszych roślin. Szczególnie charakterystycznymi objawami niedoboru miedzi u zbóż są: zakłócenia w żywotności pyłku, a ziarniaki w kłosach źle się wypełniają (12, 22). Natomiast u roślin dwuliściennych występują zakłócenia w gospodarce wodnej objawiające się barkiem turgoru liści. Miedź jest pobierana przez rośliny w formie kationów  $Cu^{2+}$  i  $Cu^+$ , a także w formie schelatowanej.

**Molibden** – należy do składników niezbędnych, który wraz z niklem występuje w roślinach w najmniejszych zawartościach, do  $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy. Jego rola

w roślinach związana jest głównie z metabolizmem azotowym, co wynika z udziału molibdenu w reduktazie azotanowej i nitrogenazie (22, 23). Mo pobierany jest przez rośliny w formie anionu  $\text{MoO}_4^{2-}$ , najlepiej z roztworu glebowego o wysokim pH, w przeciwieństwie do większości mikroelementów, które lepiej są pobierane w środowisku kwaśnym.

**Nikiel** – jego zawartość w roślinach jest bardzo mała, do  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy. Zapotrzebowanie roślin na nikiel jest minimalne, niemniej jest to pierwiastek dla nich niezbędny, będący składnikiem dehydrogenaz i ureazy, a także uczestniczy w pobieraniu żelaza i wiązaniu azotu atmosferycznego (23). Pobierany jest on przez rośliny w formie kationu  $\text{Ni}^{2+}$ . Przy deficycie niklu stwierdza się nadmierną akumulację mocznika w roślinach.

### Potrzeby pokarmowe roślin

Potrzeby pokarmowe poszczególnych gatunków roślin odpowiadają ilościom niezbędnych składników pokarmowych, jaką rośliny muszą pobrać w danych warunkach środowiska dla wydania maksymalnego plonu (4, 5, 7, 8, 11). Zaś potrzeby nawozowe odpowiadają ilości składnika, jaką należy roślinom dostarczyć, w formie nawozów, w danych warunkach glebowych, żeby mogły być zrealizowane ich wymagania pokarmowe (4, 9).

Gatunki roślin, a nawet odmiany (w pewnym zakresie), różnią się nie tylko pod względem ilościowego zapotrzebowania na składniki odżywcze, ale również wzajemnym stosunkiem składników (4, 5, 21). Dla przykładu rośliny zbożowe (pszenica, żyto, jęczmień, pszenżyto i owies) z trzech głównych składników pokarmowych NPK – najwięcej potrzebują azotu, nieco mniej potasu, a znacznie mniej fosforu. Natomiast rośliny okopowe (m.in. buraki, ziemniaki) najwięcej pobierają potasu, następnie azotu i najmniej fosforu (5). W proporcjach wygląda to następująco:

	N	:	P	:	K
Zboża	1,0	:	0,2	:	0,7-0,9
Okopowe	1,0	:	0,17	:	1,2-1,4

Rośliny pobierają składniki pokarmowe przez cały okres swojego wzrostu i rozwoju, stosownie do ich potrzeb; najintensywniej w początkowym okresie wzrostu i rozwoju, a słabiej pod koniec okresu wegetacji. W młodocianym stadium roślin spośród makroelementów dominuje w nich potas i azot, stosunkowo dużo jest także wapnia, natomiast znacznie mniej siarki, fosforu i magnezu. Natomiast wraz ze starzeniem się roślin na ogół spada w roślinach zawartość azotu, fosforu i potasu, natomiast rośnie zawartość wapnia (5). Żeby rośliny mogły realizować swoje potrzeby pokarmowe względem konkretnych składników, muszą być one w środowisku glebowym dla nich dostępne – znajdować się w formie przyswajalnej dla roślin. Najlepszym rozwiązaniem jest wysoka naturalna żyzność gleby. Optymalna zasobność gleby

w składniki odżywcze stwarza nie tylko dobre warunki sprzyjające rozwojowi roślin, pobieraniu składników pokarmowych, ale również warunki wysokiej aktywności biologicznej, które rzutują na optymalne właściwości fizyczne gleb, w których wymywanie składników staje się znacznie ograniczone.

Każdy gatunek rośliny, nawet część rośliny, charakteryzuje się swoistym składem zawartości makro- i mikroelementów a także optymalnymi zawartościami składników – w poszczególnych fazach rozwojowych roślin (2, 11). Rośliny dla wydania maksymalnego plonu powinny być od początku wzrostu i rozwoju dobrze zaopatrzone we wszystkie składniki odżywcze. Wszelkie niedobory składników w trakcie wzrostu roślin zakłócają ich metabolizm, prawidłowy wzrost i rozwój, a tym samym ograniczają wielkość i jakość plonu (7, 19, 21, 25). Poniżej w tabeli 3 przedstawiono zakresy optymalnych zawartości składników dla wybranych faz rozwojowych i gatunków roślin.

Tabela 3

Zakresy zawartości optymalnych składników pokarmowych w suchej masie dla niektórych roślin uprawnych

Faza rozwojowa, termin	Makroelementy (%)					Mikroelementy (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mo	Cu	Mn	Zn
Pszenica ozima, wszystkie nadziemne części roślin ścięte powyżej 5–8 cm wysokości										
Początek strzelania w źdźbło (31/32)*	3,0-5,0	0,30-0,60	3,5-5,5	0,4-1,0	0,12-0,25	6-12	0,1-0,3	7-15	35-100	25-70
Strzelanie w źdźbło, liść flag. (35/37)*	2,3-3,8	0,25-0,50	3,3-4,5	0,35-1,0	0,10-0,23	5-10	0,10-0,30	5-10	30-100	20-70
Ziemniak, wszystkie w pełni rozwinięte liście										
Początek kwitnienia	5,0-6,5	0,40-0,60	5,0-6,6	0,6-2,0	0,25-0,80	25-70	0,2-0,5	7-15	40-100	20-80
Kukurydza, wszystkie w pełni rozwinięte liście										
Rośliny w fazie 40–60 cm wysok.	3,5-5,0	0,35-0,60	3,0-4,5	0,3-1,0	0,25-0,50	7-15	0,20-0,5	7-15	40-100	30-70
Buraki cukrowe, tylko liście środkowe										
W terminie przełom czerwca/lipca	4,0-5,5	0,30-0,60	3,8-7,0	0,60-1,50	0,25-0,80	35-100	0,20-1,00	6-15	35-100	20-80

\* faza rozwojowa wg skali BBCH

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Bergmanna, 1992, 1997 (1, 2)



Potrzeby pokarmowe roślin – całkowite wielkości pobrania podstawowych makro- i mikroelementów z plonem roślin, zostały doświadczalnie ustalone dla głównych gatunków roślin, w wieloletnich ścisłych badaniach polowych prowadzonych w zróżnicowanych warunkach glebowych i środowiskowych (4, 5, 8). W ustaleniu wielkości jednostkowego pobrania konkretnego składnika brano pod uwagę średnie pobranie składnika pokarmowego przez 1 tonę plonu głównego wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego (tab. 4), a przy ustaleniu całkowitych potrzeb pokarmowych – także oczekiwane plony (tab. 5 i 6).

Tabela 4

Średnie pobranie makro- i mikroelementów przez wybrane rośliny uprawne w przeliczeniu na 1 t plonu głównego wraz z odpowiednią ilością produktu ubocznego

Roślina	Pobranie makroelementów (kg)						Pobranie mikroelementów (g)				
	N	P	K	Mg	Ca	S	B	Cu	Mn	Zn	Mo
Pszonica ozima – ziarno	27	4,7	15,6	2,3	3,6	4,1	5	8	82	59	0,7
Pszonica jara – ziarno	30	5,4	18,1	2,3	4,2	4,1	5	8	106	71	0,7
Kukurydza – ziarno	33	6,3	34,6	5,7	6,7	6,6	11	14	107	85	0,9
Rzepak – nasiona	51	10,1	51,1	5,7	41,3	12,5	51	10	100	64	1,0
Bobik – nasiona	60	6,0	31,5	3,3	14,9	6,0	32	19	45	96	1,3
Ziemniak – bulwy*	3,4	0,6	5,6	0,3	0,4	1,5	2	2	6	6	0,1
Burak cukrowy – korzenie*	5,8	0,8	6,9	1,1	5,0	1,0	7	3	28	14	0,2
Koniczyna czerwona – zielonka*	5,5	0,6	5,1	0,5	2,7	1,5	4	2	13	9	0,1

\* świeża masa

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Fotymy i Mercika, 1995 (4) oraz Jadczyzsyn, 2000 (8)

Jednostkowe pobranie poszczególnych składników pokarmowych przez wymienione gatunki roślin jest dość zróżnicowane (tab. 4), nie tylko jeśli chodzi o wielkości w pobieraniu makro- i mikroelementów ale różnice między gatunkami w obrębie potrzeb pokarmowych składnika. Do roślin o szczególnie dużych potrzebach pokarmowych, jeśli chodzi o jednostkowe pobranie makro- i mikroskładników, zaliczamy: rzepak, następnie bobik i kukurydzę. Znając ilości pobranych składników (ilości wyniesionych składników wraz z t plonu) – jednostkowe pobranie, w zależności od oczekiwanego plonu, ustalamy potrzeby pokarmowe roślin, mnożąc jednostkowe pobranie składnika przez przewidziany plon roślin z hektara (8). Dla założonych, średnich – oczekiwanych plonów całkowite pobranie niezbędnych makroelementów, a tym samym ich potrzeby pokarmowe przedstawiono w tabeli 5, natomiast dla mikroelementów w tabeli 6. Roślinami o największych wymaganiach pokarmowych, przy średnich założonych plonach z hektara, spośród wybranych roślin uprawy polowej (tab. 5 i tab. 6) są: kukurydza, następnie burak cukrowy i rzepak.

Tabela 5

Średnie pobranie makroelementów przez wybrane rośliny uprawne w zależności od prognozowanego plonu głównego (wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego)

Roślina	Plon (t·ha <sup>-1</sup> )	Pobranie makroelementów (kg)					
		N	P	K	Mg	Ca	S
Pszenica ozima – ziarno	6	162	28	94	14	22	25
Pszenica jara – ziarno	5	150	27	91	12	21	21
Kukurydza – ziarno	9	297	57	311	51	60	59
Rzepak – nasiona	4	204	40	204	23	165	50
Bobik – nasiona	4	240	24	126	13	60	24
Ziemniak – bulwy*	30	102	18	168	9	12	45
Burak cukrowy – korzenie*	40	200	40	310	55	250	50
Koniczyna czerwona – zielonka*	40	220	24	204	20	108	60

\* świeża masa

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Fotymy i Mercika, 1995 (4) oraz Jadczyzyn, 2000 (8)

Tabela 6

Średnie pobranie mikroelementów przez wybrane rośliny uprawne w zależności od prognozowanego plonu głównego (wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego)

Roślina	Plon (t·ha <sup>-1</sup> )	Pobranie mikroelementów (g)				
		B	Cu	Mn	Zn	Mo
Pszenica ozima – ziarno	6	30	48	492	354	4,2
Pszenica jara – ziarno	5	25	40	530	355	3,5
Kukurydza – ziarno	9	99	126	963	765	8,1
Rzepak – nasiona	4	204	40	400	256	4,0
Bobik – nasiona	4	128	76	180	384	5,2
Ziemniak – bulwy*	30	60	60	180	180	3,0
Burak cukrowy – korzenie*	40	350	150	1400	700	10,0
Koniczyna czerwona – zielonka*	40	160	80	520	360	4,0

\* świeża masa

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Fotymy i Mercika, 1995 (4) oraz Ruszkowskiej i in. 1996 (20)

### Potrzeby pokarmowe roślin a zasobność gleb w składniki

Makro- i mikroelementy – niezbędne składniki pokarmowe roślin, występują w glebach w różnych formach i ilościach (13, 14, 15, 24). Z żywieniowego punktu widzenia najważniejsze dla roślin są ich formy przyswajalne, na które składają się ilości pierwiastków znajdujące się w roztworze glebowym, kompleksie sorpcyjnym oraz występujące w formie słabiej rozpuszczalnych soli. Jeśli chodzi o ich pobieranie przez korzenie roślin, decydujące znaczenie mają przede wszystkim: wiek i gatunek

rośliny, wilgotność i napowietrzenie gleby, odczyn, stosunki jonowe oraz temperatura. Według przyjętych kryteriów oceny stacji chemiczno-rolniczych gleby naszego kraju wykazują zróżnicowany poziom zawartości przyswajalnych składników (14, 15) od bardzo niskich do bardzo wysokich. Zawartość przyswajalnych makro- i mikroelementów w glebach Polski oceniana jest dla potrzeb praktyki rolniczej w klasach zawartości: bardzo niskiej, niskiej, średniej, wysokiej i bardzo wysokiej (24).

Potrzeby pokarmowe roślin pokrywane są w pierwszej kolejności z zasobów naturalnych gleby (przyswajalne makro- i mikroskładniki), a następnie z nawozów organicznych, naturalnych i mineralnych (8, 9). Naturalna zasobność gleb uprawnych naszego kraju w składniki pokarmowe, nie tylko w makroskładniki ale często i mikroskładniki, na ogół nie zabezpiecza w pełni potrzeb pokarmowych roślin (9,13). Również nawożenie obornikiem czy innymi nawozami naturalnymi nie dostarcza optymalnej ilości składników, choć wpływa na poprawę właściwości gleb, powodując lepsze wykorzystanie i wyższą efektywność zastosowanych nawozów mineralnych (16). Stąd konieczność pokrycia, przynajmniej w części, potrzeb pokarmowych roślin poprzez nawożenie mineralne. Powinno być ono stosowane zawsze racjonalnie, tzn. w takich ilościach i w taki sposób, aby zapewnić uprawianym roślinom określoną ilość składników pokarmowych w odpowiednich fazach wzrostu, stosownie do ich potrzeb pokarmowych, uzyskując przy tym możliwie największy efekt i nie stanowiąc zagrożenia dla środowiska naturalnego. Nieuzasadnione jest zatem stosowanie nawożenia bez znajomości potrzeb pokarmowych oraz nawozowych roślin oraz zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe w warunkach konkretnego pola.

### Podsumowanie

Potrzeby pokarmowe poszczególnych gatunków roślin odpowiadają ilościom niezbędnych składników, jaką rośliny muszą pobrać w rozwoju ontogenetycznym dla wydania maksymalnego plonu. Gatunki roślin różnią się nie tylko pod względem ilościowego zapotrzebowania na niezbędne składniki odżywcze, ale również wzajemnym stosunkiem składników. Rośliny dla wydania maksymalnego plonu powinny być od początku wzrostu i rozwoju dobrze zaopatrzone we wszystkie składniki odżywcze. Niedobory składników w trakcie wzrostu roślin zakłócają ich metabolizm, prawidłowy wzrost i rozwój, a tym ograniczają wielkość plonu i jego jakość.

Potrzeby pokarmowe roślin powinny być pokrywane w pierwszej kolejności z gleby, z jej zasobów naturalnych, następnie z nawozów organicznych, naturalnych i mineralnych. Naturalna zasobność gleb uprawnych Polski w składniki pokarmowe, szczególnie makroelementy, ale też niektóre mikroelementy, na ogół nie zabezpiecza w pełni potrzeb pokarmowych roślin.

Nawożenie mineralne powinno być stosowane racjonalnie, tzn. w takich ilościach i w taki sposób, aby zapewnić uprawianym roślinom określoną ilość składników po-

karmowych w odpowiednim czasie, uzyskując przy tym możliwie największy efekt i nie stanowiąc zagrożenia dla środowiska naturalnego.

### Literatura

1. Bergmann W.: Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. Gustaw Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York, 1992, pp. 741.
2. Bergmann W.: Atlas objawów niedoboru lub nadmiaru składników pokarmowych u roślin uprawnych. PWRiL, Warszawa 1997, ss. 183.
3. Brown P.H., Bellaloui N., Wimmer M.A., Bassil E.S., Ruiz J., Hu H., Pfeiffer H., Dannel F.: Boron in plant biology. *Plant biology*, 2002, **4**: 205-223.
4. Fotyła M., Mercik S.: Metody określania potrzeb nawozowych roślin. *Chemia Rolna*, 1995, ss. 202-229.
5. Gorlach E., Mazur T.: *Chemia Rolna*. Wyd. PWN, Warszawa 2001, ss. 347.
6. Grzebiisz W.: Potas w produkcji roślinnej (Potassium In Agriculture Production). Poznań, 2004, ss. 88.
7. Grzebiisz W.: Nawożenie roślin uprawnych cz. I. Podstawy nawożenia. PWRiL., 2009, ss. 326-332.
8. Jadczyzyn T.: Podstawy naukowe doradztwa nawozowego. *Nawozy i Nawożenie*, 2000, **4**: 185-200.
9. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. Instrukcje upowszechnieniowa, IUNG-PIB, Puławy 2008, **151**: 1-23.
10. Kabata-Pendias A., Pongel H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa, 1993, ss. 364.
11. Kocoń A.: Oznaczanie bieżących potrzeb nawożenia w oparciu o analizę materiału roślinnego. Upowszechnianie zasad dobrej praktyki rolniczej. *Mat. Szkol.* 87/03, Puławy 2003, I: 91-106.
12. Korzeniowska J.: Potrzeby nawożenia pszenicy cynkiem, miedzią i borem w warunkach glebowo-klimatycznych Polski. *Monografie i rozprawy naukowe, IUNG-PIB Puławy*, 2008, **20**: 1-106.
13. Kucharzewski A., Dębowski M.: Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2000, **471**: 627-635.
14. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w potas przyswajalny. *Nawozy i Nawożenie*, 2005, **23**: 55-60.
15. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w mikroelementy. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, **34(8)**: 121-131.
16. Mazur T., Mazur Z.: Pobranie przez plon roślin i zawartość w glebach miedzi, manganu i cynku w zależności od systemu nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2004, **502**: 229-234.
17. Mazurczyk W., Grześkiewicz H.: Wpływ nawożenia potasem na dystrybucję w roślinach ziemniaka suchej masy potasu i magnezu oraz stan odżywienia tym składnikiem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **480**: 475-487.
18. Mengel K., Kirbky E.A.: *Podstawy Żywienia Roślin*. PWRiL, 1983, ss. 527.
19. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G.: Kształtowanie plonu oraz parametrów przemiałowych i wypiekowych pszenicy jarej poprzez nawożenia azotem i siarką. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 381-392.
20. Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M.: Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1996, **434**: 43-47.

- 
21. R u s z k o w s k a M.: Badania nad wskaźnikami fizjologicznymi stanu zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe. Mat. Symp. pt. „Wpływ nawożenia na jakość plonów”, Olsztyn 24–25. 06, 1986, ss. 4-15.
  22. R u s z k o w s k a M., W o j c i e s k a-W y s k u p a j t y s U.: Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 1-11.
  23. S t a r c k Z.: Rola składników mineralnych w roślinie. W: Fizjologia roślin, J. Kopcewicz i S. Lewaka S. (red.). 2007, ss. 228-245.
  24. Zalecenia nawozowe. Praca zbiorowa.: Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. II, IUNG Puławy, 1990, **P(44)**: 1-26.
  25. W o ź n i a k A.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.) i twardej w zależności od poziomu agrotechniki. Acta Agrophys., 2006, **8(3)**: 755-763.
- 

Adres do korespondencji:

*dr Anna Kocoń*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel. (81) 886 34 21 w. 253*  
*e-mail: akocon@iung.pulawy.pl*

