

Anna Kocoń

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

POTRZEBY NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI*

Słowa kluczowe: mikroelementy niezbędne, potrzeby pokarmowe roślin, zasobność gleby, nawożenie

Wstęp

Spośród 92 pierwiastków naturalnie występujących na kuli ziemskiej, w roślinach odnajduje się ich 50 (23). Jednak nie wszystkie znajdujące się w roślinach pierwiastki są niezbędne, potrzebne czy pożyteczne, część z nich to pierwiastki zbędne, toksyczne. Rośliny posiadają bowiem tylko ograniczone możliwości selektywnego pobierania mineralnych składników pokarmowych z podłoża i jeśli w środowisku glebowym występują w formie dostępnej dla roślin pierwiastki toksyczne to częściowo, oprócz pierwiastków niezbędnych, są z niej pobierane (9). Najważniejsze dla roślin, z punktu widzenia wzrostu, rozwoju i plonowania roślin są składniki niezbędne, bez których roślina nie może się prawidłowo rozwijać. Obecnie do grupy tej zalicza się 17 pierwiastków (23). Za niezbędny składnik pokarmowy uważa się pierwiastek, który spełnia 3 podstawowe kryteria:

- 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. Makroelementy występują w roślinach na ogół w ilości powyżej 0,1% suchej masy. Zawartość mikroelementów jest w roślinach około 1000-krotnie mniejsza. Do grupy pierwszej, oprócz podstawowych elementów substancji organicznej takich jak: węgiel (C), wodór (H) i tlen (O) należą także azot (N), fosfor (P), potas (K), siarka (S), wapń (Ca) i magnez (Mg).

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

Aktualnie do grupy niezbędnych mikroelementów w żywieniu roślin zalicza się 8 pierwiastków: chlor (Cl), żelazo (Fe), cynk (Zn), mangan (Mn), bor (B), miedź (Cu), molibden (Mo) i nikiel (Ni). Ponadto, oprócz ww. grup, wydziela się też grupę makro- i mikroelementów potrzebnych i pożytecznych dla niektórych roślin, jak np. makroskładnik krzem (Si) dla ryżu i traw, czy mikroskładnik kobalt (Co) dla roślin motylkowatych. Podział składników pokarmowych na makroelementy, pobieranych przez roślinę w dużych ilościach (od kilku do kilkuset $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i mikroelementy, pobieranych w znacznie mniejszych ilościach (od kilku gramów do około 2 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) jest umowny. Jednak niezależnie od ilościowych potrzeb pokarmowych roślin, rola zarówno jednych jak i drugich w rozwoju i plonowaniu roślin jest niekwestionowana i wszystkie są niezmiernie potrzebne do wzrostu i rozwoju roślin oraz wydania odpowiedniego plonu o dobrych parametrach jakościowych.

Rola i główne funkcje niezbędnych mikroelementów w roślinach

O ile makroelementy pełnią w roślinie głównie funkcje budulcowe, to rola mikroelementów w roślinach generalnie sprowadza się do procesów enzymatycznych, regulacyjnych. Mikroelementy jako składniki lub aktywatory enzymów uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych oraz spełniają bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinach, m.in. decydujące o efektywnym wykorzystaniu azotu, potasu, fosforu i innych składników pokarmowych. Do najważniejszych funkcji pełnionych przez mikroelementy w roślinie, mających wpływ na plon i jego jakość, należą: stymulacja wydajności procesów fotosyntezy, kontrola gospodarki azotowej roślin, kontrola funkcjonowania układów hormonalnych oraz zwiększenie odporności roślin uprawnych na patogeny. Każdy z mikroelementów ma swoistą funkcję i rolę i nie może być zastąpiony innym składnikiem. Poniżej przedstawiono główne - fizjologiczne funkcje w/w mikroelementów w roślinach (17, 20). **Żelazo** jest głównym składnikiem reduktazy a także wielu enzymów uczestniczących m.in. w fotosyntezie i wiązaniu N_2 oraz aktywatorem w syntezie chlorofilu i niektórych białek. **Mangan** jest niezbędnym składnikiem enzymów uczestniczących w reakcjach dekarboksylacji, hydrolizy i utleniania, bierze również udział w procesie fotosyntezy – w fotolizie wody, a także aktywuje wiele enzymów biorących udział w metabolizmie białek, cukrowców i lipidów. **Bor** uczestniczy w tworzeniu struktur ścian komórkowych i w procesie podziału i wzrostu łagiewki pyłkowej. Pośrednio uczestniczy także w metabolizmie cukrowców. Na szczególne podkreślenie zasługuje jego mała zdolność reutilizacji w tkankach głównych roślin uprawnych, np. rzepaku czy zbóż. Oznacza to, że jest prawie nieprzemieszczany z tkanek starszych do młodszych i w związku z tym w trakcie wegetacji roślin, szczególnie przy dużych potrzebach pokarmowych roślin (np. rzepak) musi być przez nie pobierany, gdyż jest potrzebny do budowy nowych organów (3). **Miedź** jest pierwiastkiem, który bierze udział w gospodarce azotowej w roślinach, uczestniczy w wielu reakcjach oksydoredukcyjnych, m.in. w procesie fotosyntezy i oddychania oraz w metabolizmie związków azotowych i cukrowców,

a także w lignifikacji ściany komórkowej. **Cynk** jest składnikiem m.in. następujących enzymów: anhidrazy węglanowej, karboksypeptydazy, dehydrogenazy alkoholowej. Uczestniczy w regulacji metabolizmu cukrowców i w syntezie białek. **Molibden** należy do składników niezbędnych, występujących w najmniejszych ilościach spośród wszystkich mikroelementów w roślinach. Jego funkcje wiążą się głównie z metabolizmem azotowym, gdyż jest składnikiem reduktazy azotanowej i nitro-genazy. Natomiast **nikiel** jest składnikiem ureazy i wielu hydrogenaz. **Chlor** wraz z **manganem** jest niezbędnym składnikiem w reakcjach rozkładu wody w procesie fotosyntezy, także stymuluje enzymy H^+ ATPazy oraz bierze udział w osmoregulacji komórek.

Mimo, że rośliny ww. mikroelementów potrzebują w niewielkich ilościach są one, w określonych ilościach i proporcjach ,obok makroelementów, niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju; . Jeśli brakuje któregoś z tych składników lub występuje on w niewystarczającej ilości, to jego niedobór powoduje zakłócenia w metabolizmie rośliny i zgodnie z prawem minimum Liebiga, wielkość plonu rośliny ograniczona jest niedoborem właśnie tego składnika (5, 10, 14). Niedobór składnika prowadzi w pierwszej kolejności do zahamowania podstawowych procesów, w tym fotosyntezy, zmiany wzoru dystrybucji asymilatów oraz do większej podatności roślin na niekorzystne warunki środowiska, a w konsekwencji do obniżenia wielkości plonu i pogorszenia jego jakości.

Zasobność gleb Polski w przyswajalne mikroelementy

Zasoby naturalne mikroskładników w glebach są, na ogół, niewielkie i często ilości te nie wystarczają do pokrycia potrzeb pokarmowych względem mikroelementów stąd w praktyce rolniczej często występuje problem niedoboru tych składników. O zawartości w glebie dostępnych – przyswajalnych form mikroelementów dla roślin decyduje przede wszystkim: skała macierzysta – materiał skalny z której wytworzona została gleba, skład granulometryczny – gleby lekkie o małej pojemności sorpcyjnej zawierają niewielkie ilości mikroelementów natomiast ciężkie tych składników zawierają znacznie więcej. Duży wpływ na zasobność gleb ww. składniki pokarmowe ma odczyn gleby – w glebach o odczynie kwaśnym rozpuszczalność i przyswajalność Fe, B, Zn, Mn i Cu jest duża a Mo mała, natomiast w glebach o odczynie zasadowym odwrotnie: mała dostępność wymienionych 5 mikroelementów a duża molibdenu (9, 13).

Według przyjętych kryteriów oceny IUNG-PIB oraz Stacji Chemiczno-Rolniczych zawartość 6 przyswajalnych mikroskładników: boru, miedzi, manganu, molibdenu, żelaza i cynku w glebach Polski oceniana jest dla potrzeb praktyki rolniczej w skali 3-stopniowej – w klasach zawartości: niskiej, średniej i wysokiej (8, 28). Pozostałe dwa, niezbędne w żywieniu roślin mikroelementy chlor i nikiel występują w środowisku glebowym w ilościach znacznie przekraczających zapotrzebowanie na nie roślin, stąd nie są brane pod uwagę w nawożeniu.

Z badań i analiz Stacji Chemiczno-Rolniczych oraz IUNG-PIB wynika, że mamy w skali kraju bardzo duży procent gleb z niedoborem boru, ok. 75%, oraz 40% ubogich w miedź, 20% w molibden i około 10% w cynk i mangan (13, 14). Równocześnie tylko 0,4% stanowią gleby zanieczyszczone miedzią, a około 1,5% cynkiem (26). Niska zawartość składnika w glebie z żywieniowego punktu widzenia jest podstawą do nawożenia nim roślin (7, 8, 21, 22). Oprócz ogólnej dostępności składników pokarmowych dla roślin, ważne są także proporcje pomiędzy nimi, szczególnie między antygonistycznymi np. Fe:Mn czy P:Zn, gdyż przy niewłaściwym stosunku obserwuje się zaburzenia w ich pobieraniu oraz hamowanie transportu pierwiastka z korzeni do pędu. Optymalny stosunek żelaza do manganu w roślinach przeznaczonych na paszę dla zwierząt wg Falkowskiego (4) powinien kształtować się w granicach 1,5-2,5:1,0. Jeśli stosunek Fe:Mn spada poniżej 1,5 występują objawy toksyczności manganu i niedobór żelaza, a powyżej 2,5:1,0 odwrotnie, szkodliwy jest nadmiar żelaza a niedobór manganu (18).

Zapotrzebowanie roślin uprawy polowej na mikroelementy

Potrzeby pokarmowe roślin względem mikroelementów są zróżnicowane w zależności od gatunku, często nawet odmiany, a także fazy rozwojowej rośliny. Na podstawie wieloletnich badań dotyczących zawartości mikroelementów w glebie i w roślinach opracowano zakresy ich prawidłowej zawartości w poszczególnych fazach rozwojowych a także optymalne zakresy zawartości w roślinach dojrzałych (1, 7). Potrzeby pokarmowe poszczególnych gatunków roślin odnośnie konkretnych mikroelementów wyznacza się w oparciu o średnią zawartość składnika w plonie głównym - wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego przy uwzględnieniu średniego lub oczekiwanego plonu roślin (5, 10). Wielkość zapotrzebowania, czyli średnie pobranie B, Cu, Mn, Zn i Mo przez wybrane rośliny uprawy polowej przy ich średnich plonach, przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Średnie pobranie mikroskładników pokarmowych z średnim plonem głównym
(wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego) wybranych roślin uprawnych

Roślina	Plon t·ha ⁻¹	Mikroelementy pobranie w g·ha ⁻¹				
		B	Cu	Mn	Zn	Mo
Pszenica ozima – ziarno	6	30	50	492	356	4,2
Pszenica jara - ziarno	5	28	41	530	355	3,5
Kukurydza – ziarno	6	64	83	642	510	5,4
Rzepak ozimy – nasiona	3	153	29	300	193	3,0
Bobik - nasiona	3	96	93	135	289	3,9
Burak cukrowy- korzenie*	60	450	134	1516	846	9,0
Ziemniak – bulwy*	30	60	59	192	170	3,3

*- świeża masa

Źródło: opracowanie własne częściowo na podstawie danych Fotymy i Mercika, 1995 (5).

Z powyższego zestawienia wynika, że spośród 5 mikroelementów rośliny najczęściej potrzebują i pobierają manganu, cynku następnie boru, miedzi, a najmniej molibdenu, i że dla wydania średniego plonu poszczególne gatunki roślin potrzebują zróżnicowanych ilości poszczególnych składników pokarmowych.

Analiza roślin na zawartość mikroelementów z pól produkcyjnych Polski w badaniach G e m b a r z e w s k i e g o (6) wykazała przede wszystkim duże niedobory boru, następnie miedzi i molibdenu (tab. 2), co pokrywa się ze stwierdzoną w kraju najniższą zasobnością gleb w te składniki.

Tabela 2

Udział próbek roślin o niskiej zawartości mikroelementów z pól produkcyjnych w Polsce w %

Pierwiastek	Pszenica ozima	Jęczmień jary	Żyto	Pszenżyto	Rzepak ozimy	Burak cukrowy	Ziemniak
B	69	68	51	74	65	60	50
Cu	53	53	60	52	28	21	15
Mn	18	23	9	8	8	8	4
Mo	1	8	2	0	15	13	4
Zn	12	5	5	0	10	0	6

Źródło: Gembarzewski, 2000 (6).

Zdaniem W r ó b l a (27) średnia zawartość podstawowych mikroelementów, przede wszystkim miedzi i boru, w ziarnie pszenicy była na ogół niższa w stosunku do wcześniejszych wyników i badań (5).

Bilans mikroelementów

Bilanse mikroelementów przeprowadzone w różnych systemach nawożenia m.in. przez S z u l c a i i n. (25) w warunkach nawożenia mineralnego oraz nawożenia obornikiem (w różnych układach) wykazały, że w warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego bilans wszystkich analizowanych mikroelementów był ujemny (tab. 3) a stosowanie wzrastających dawek NPK prowadziło do narastania ujemnego bilansu boru i cynku i zmniejszenia różnicy bilansowej dla manganu i miedzi. Znacznie lepiej wyglądają bilanse w warunkach nawożenia obornikiem czy też stosowania NPK+obornik, gdzie bilanse dla B i Cu są lekko ujemne (z wyjątkiem B w obiektach z obornikiem) a dla Mn i Zn dodatnie (tab. 3).

Tabela 3

Bilans mikroelementów w zmianowaniu w trwałym doświadczeniu nawozowym (g·ha⁻¹)

Nawożenie	Pobranie przez rośliny				Różnica (dostarczone - pobranie)			
	B	Cu	Mn	Zn	B	Cu	Mn	Zn
0 NPK	160,9	374,8	2757,2	2192,0	-160,0	-374,8	-2757,2	-2192,0
2 NPK	268,9	362,0	2791,2	2168,3	-264,1	-339,8	-2620,8	-2162,7
4 NPK	297,8	339,3	2788,8	2341,4	-288,3	-294,8	-2448,0	-2330,1
Obornik	242,1	340,4	2794,2	20,76,4	+10,6	-70,0	+1260,8	+203,8
2 NPK+Ob.*	348,4	344,5	2816,1	2275,5	-90,9	-47,9	+1409,3	+10,3
4 NPK+Ob.	345,4	341,0	2491,4	2144,2	-83,2	-26,1	+1904,4	+147,3

* - obornik

Źródło: Szulc i in., 2004 (25).

Natomiast bilanse mikroelementów wykonane przez Czuby (2) dla trzech systemów nawożenia dla plonów średnich krajowych, wykazały ujemne saldo dla dwóch pierwiastków boru i miedzi we wszystkich systemach nawożenia. A dla plonów wyższych o 50% od średniej krajowej, pokrycie potrzeb pokarmowych było niewystarczające już dla 3 składników: boru, miedzi i molibdenu również we wszystkich systemach nawożenia (tab. 4). Najgorzej wyglądała sytuacja w zintegrowanym systemie stosowania płynnych nawozów mineralnych, gdzie pokrycie potrzeb mikroelementowych, przy średnich plonach wynosiło średnio 51% i tylko 35% przy plonach wyższych o 50% od krajowych w obrębie wszystkich analizowanych pięciu mikroelementów (tab. 4).

Tabela 4

Bilans mikroelementów w trzech systemach nawożenia – plony wyższe o 50% od średnich krajowych

Mikroelement	Pobranie przez rośliny (g·ha ⁻¹)	1. Obornik+ nawozy mineralne		2. Obornik+nawozy mineralne+nawozy płynne		3. Nawozy zawieszowe+ dolistne	
		Przychód (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)	przychód (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)	przychód (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)
B	145	71	50	87	60	46	32
Cu	100	78	78	91	91	38	38
Mn	451	835	185	908	201	173	38
Mo	7,7	6,1	79	6,6	86	2,5	32
Zn	344	356	103	421	122	115	33
Średnio	-	-	99	-	112	-	35

Źródło: Czuba, 2000 (2).

Z wielu innych ścisłych badań i doświadczeń wynika, że w intensywnej produkcji rolniczej wraz ze stosowaniem większych dawek NPK, przy wyższych plonach roślin następuje zwiększone pobieranie mikroelementów przez rośliny aż do wystąpienia

ich niedoborowej zawartości w glebach i roślinach (6, 16, 19, 21). Według Ma z u r a i M a z u r (16) ilość mikroelementów wprowadzanych do gleby wraz z nawozami naturalnymi i mineralnymi najczęściej nie równoważy ubytku tych składników w wyniku wynoszenia ich z plonami. Zwłaszcza dotyczy to dużych plonów, przy ograniczeniu się tylko do podstawowego nawożenia mineralnego NPK.

Nawożenie i potrzeby nawożenia roślin mikroelementami

Jednym z ważniejszych celów nawożenia jest dostarczenie roślinom przyswajalnych form składników pokarmowych (makro- i mikroelementów) umożliwiających osiąganie wysokich plonów o dobrej jakości, bez negatywnego wpływu na środowisko. Niedobór mikroelementów najczęściej obniża plon oraz pogarsza cechy jakościowe surowca.

Problem niedoboru i nawożenia roślin mikroelementami nabrał w ostatnich latach na znaczeniu, zwłaszcza że duża część gleb naszego kraju, jak wynika z badań jest niedoborowa względem niektórych z nich, szczególnie boru, miedzi, cynku oraz manganu. Wynika to przede wszystkim z jednostronnego nawożenia nawozami mineralnymi NPK oraz wynoszenia dużej ilości składników z gleby wraz z dużymi plonami roślin. Chcąc zaspokoić potrzeby pokarmowe roślin oraz zwierząt i ludzi, kolejnego ogniwa w łańcuchu pokarmowym, powinniśmy racjonalnie nawozić rośliny niedoborowymi mikroelementami (2, 7, 12, 17) .

Podstawą nawożenia roślin mikroelementami jest analiza gleby na zawartość tych składników. Wynik analizy gleby pokazuje poziom zawartości poszczególnych składników pokarmowych, a na jej podstawie pozwala ustalić dawki nawozów dla różnych upraw (8, 22). Aktualne zalecenia nawozowe odnośnie nawożenia roślin mikroelementami oparte są, podobnie jak w przypadku makroelementów, na znajomości zasobności gleby w te składniki oraz wiedzy dotyczącej zapotrzebowania gatunku uprawianej rośliny na dany składnik. Gatunki roślin różnią się nie tylko pod względem ilościowego zapotrzebowania na składniki odżywcze, w tym mikroelementy, ale również wzajemnym ich stosunkiem. Wrażliwość gatunków roślin na niedobór danego mikroelementu jest różna. Przy większej wrażliwości, wymagania pokarmowe z reguły są większe w stosunku do tego składnika (tab. 5). W ramach oceny potrzeb nawożenia roślin mikroelementami zaleca się co 4 lata analizę zasobności gleb w mikroelementy. A w stwierdzonych niedoborach – przy zawartości składnika w niskiej klasie zasobności w glebie – zaleca się nawożenie roślin tym mikroelementem (tab. 5), w dawce pokrywającej zapotrzebowanie roślin na ten składnik. Mikroelementy, w formie nawozu, podaje się wówczas doglebowo lub dolistnie – często w połączeniu z innymi nawozami, najczęściej azotem, czy środkami ochrony roślin.

Przy ostrych niedoborach mikroskładnika, głównie Cu i Zn, zalecane jest dogłębowe nawożenie roślin nawozem z tym składnikiem, które stosuje się raz na kilka lat (22). Natomiast przy niewielkich niedoborach, zwłaszcza w czasie wegetacji roślin, preferowane z ekonomicznego punktu widzenia jak i efektywności i szybkości działania składnika jest dolistne dokarmianie roślin mikroelementami. Przyjmuje się, iż mikroelementy są 10-, a niektóre nawet 30-krotnie lepiej wykorzystywane przez rośliny w porównaniu z ich dogłębowym stosowaniem, stąd przy niedoborach tych składników zaleca się, na ogół, ich podawanie w formie oprysku roślin, czyli drogą dolistną. Ponadto, w przypadku ich dolistnego nawożenia wykorzystuje się znacznie mniejszą dawkę i ilość niż w przypadku podania składnika do gleby (tab. 5).

Tabela 5

Wykaz roślin najbardziej wrażliwych na niedobór mikroelementu oraz zalecana średnia dawka mikroelementu, przy niskiej zasobności gleb (w przeliczeniu na formę pierwiastkową)

Mikroelementy	Rośliny najbardziej wrażliwe na niedobory mikroelementu	Dawka dogłębowa kg·ha ⁻¹	Dawka dolistna g·ha ⁻¹
Bor (B)	burak cukrowy, rzepak, bobowate, chmiel, kapusta, kalafior, drzewa i krzewy owocowe, truskawka	2-4	200-400
Miedź (Cu)	pszenica, jęczmień, owies, trawy łąkowe i pastwiskowe, marchew, sałata, szpinak, cebula, tytoń	5-20	300
Cynk (Zn)	kukurydza, len, chmiel, fasola, bób, soja, brzoskwinia, jabłoń	4-30	600
Mangan (Mn)	owies, jęczmień, pszenica, ziemniak, sałata, bobowate, burak cukrowy, kukurydza, rzepak	4-6	1200
Molibden (Mo)	bobowate, brokuły, kalafior, szpinak, burak cukrowy, ziemniak	-	40 – 60

Źródło: opracowanie własne częściowo na podstawie danych Jadczyżsyn i in., 2008 (8) oraz Stanisławskiej-Głubiak i Korzeniowskiej, 2007 (22).

Dolistne dokarmianie mikroelementami zaleca się także w sytuacji utrudnionego pobierania składnika z gleby, nawet przy średniej czy wysokiej zasobności w glebie m. in. w czasie suszy, czy przy wysokim pH gleby, gdzie większość mikroelementów jest dla roślin niedostępna. Również jest zalecane w intensywnych technologiach, przy oczekiwanych dużych plonach, w okresach intensywnego wzrostu roślin, kiedy rośliny wykazują zwiększone zapotrzebowanie na składniki pokarmowe (11, 22).

Jak wykazała S z t u d e r (24), dolistne dokarmianie roślin (zboża, ziemniak, kukurydza, burak cukrowy, bobik i wyka) wieloskładnikowymi nawozami płynnymi, w warunkach średniej zasobności w mikroelementy, prowadziło do istotnego wzrostu plonu rolniczego w granicach 5-24%, w zależności od gatunku rośliny, liczby zabiegów i rodzaju nawozu (tab. 6). Prowadzone badania potwierdziły także na ogół pozytywny wpływ dolistnego dokarmiania roślin na poprawę jakości

plonu, tj. wzrostu zawartości białka w ziarnie zbóż, kukurydzy, nasionach bobiku i wyki, skrobi w bulwach ziemniaków oraz cukru w korzeniach buraka cukrowego. Efektywność rolnicza 1 litra płynnych nawozów mikroelementowych, w prowadzonych badaniach zależała głównie od gatunku rośliny i wynosiła od 32 dla nasion bobiku do 806 kg korzeni buraka cukrowego. Zdaniem w/w autorki dolistne nawożenie roślin wieloskładnikowymi nawozami z mikroelementami można zalecać praktyce rolniczej jako jeden z opłacalnych zabiegów agrotechnicznych, zwłaszcza, że najczęściej jest zintegrowany z ochroną roślin, co czyni go jeszcze bardziej opłacalnym.

Tabela 6

Efektywność nawozów mikroelementowych

Roślina	Nawóz	Zwyżka plonu		Efekt. rolnicza	Cecha jakościowa (%)			
		kg·ha ⁻¹	%		cecha	kontrola	po dokarm.	wzrost plonu
Pszenica ozima	Insol 3	615	11	176	białko	10,9	11,3	20
Pszenica jara	Insol 3	471	17	157	białko	11,78	12,25	20
Pszennyto	Polit	960	16	160	białko	12,50	12,83	19
Jęczmień jary browarny	Insol 3	259	9	86	białko	11,38	10,37	-0,5
Jęczmień jary paszowy	Insol 3	734	24	245	białko	11,28	11,6	24
Ziemniak*	Agrosol K	1223	4	408	skrobia	15,4	16,1	9
	Agrosol K	2347	7	522		14,8	15,3	10
	Ekolist	3378	15	422		14,2	15,9	29
	Ekolist	5436	24	340		14,2	15,0	31
Burak cukrowy	Insol 4	3225	5	806	cukier	17,5	18,4	11
Kukurydza na ziarno	Agrosol KU	1280	10	366	białko	9,4	10,1	19
Wyka*	Insol 6	341	19	85	białko	30,6	29,8	16
		385	21	64		30,6	31,1	19
Bobik*	Insol 6	235	6	59	białko	24,5	25,6	11
		192	5	32		24,5	24,9	6

* – przy stosowaniu różnych ilości zabiegów (od 2-4 ziemniak, 2-3 wyka i bobik)

Źródło: Sztuder, 2009 (24).

Oprócz typowych mineralnych nawozów mikroelementowych stałych i płynnych, których na rynku jest cała gama, doskonałym dla gleb i roślin źródłem mikroelementów są nawozy naturalne, w tym obornik, o czym nie wolno zapominać. Przyjmuje się, że obornik o zawartości 21% suchej masy, średnio (w mg·kg⁻¹) zawiera: żelaza – 2500; manganu – 345; cynku – 194; miedzi – 23; boru – 22; molibdenu –

1,6 i kobaltu – 1,9 mg·kg⁻¹ w suchej masie (15). Biorąc pod uwagę masę obornika jaką jednorazowo stosuje się w nawozie, są to ilości znaczące, często zaspokajające potrzeby pokarmowe roślin.

Wydaje się, że w perspektywie najbliższych lat nawożenie roślin mikroelementami zyska na znaczeniu, szczególnie w warunkach wysokiego plonowania roślin. Wynika to z kilku przesłanek. Przede wszystkim wzrasta areal gleb Polski z ujemnym saldem bilansowym tych składników. Szczególnie jest to niekorzystne dla gleb o niskiej zasobności w mikroelementy, przede wszystkim dotyczy to boru, miedzi. Przyczyn tego stanu rzeczy jest kilka, m.in. znaczne ograniczenie ilości stosowanych nawozów naturalnych i organicznych, szczególnie ilości stosowanego obornika, bezcennego źródła nie tylko makro- i mikroelementów, ale także zmniejszenie ilości zużycia nawozów mineralnych zawierających balast (zawierających mikroelementy). Potrzeba nawożenia mikroelementami roślin rolniczych wynikać również będzie z większych wymogów pokarmowych nowych wprowadzanych do uprawy wysokoplonujących odmian, które dla wydania dużych plonów będą potrzebowały znacznie większych ilości składników pokarmowych, w tym również mikroelementów. Ponadto na glebach o uregulowanym odczynie, przy optymalnym odżywianiu makroskładnikami, niedostępność mikroelementów, nawet przy ich wysokiej zasobności, może stać się czynnikiem ograniczającym plon, stąd konieczność w takich warunkach dolistnego dokarmiania roślin. Poza tym potrzeba nawożenia mikroelementowego wynikać będzie również z konieczności poprawy jakości produktów rolnych i zapewnienia odpowiedniej zawartości mikroelementów w diecie ludzi i zwierząt.

Podsumowanie

1. W warunkach niedoborów mikroelementów, wynikających z ich niskiej zasobności w glebie ale także w sytuacji ich utrudnionego pobierania z gleby, nawet przy ich średnich i wysokich zasobnościach w glebie oraz w warunkach wysokiego plonowania roślin, istnieje potrzeba nawożenia roślin tymi składnikami.
2. Niedobory mikroelementów w glebach i roślinach należy uzupełnić w drodze nawożenia doglebowego (przy ostrych niedoborach) lub dolistnego.
3. Nawożenie dolistne roślin mikroelementami wydaje się być optymalnym sposobem uzupełniania niedoborów tych składników i należy się spodziewać, iż w najbliższych latach ten sposób nawożenia zyska na znaczeniu, i to zarówno z ekonomicznego, jak również ze środowiskowego punktu widzenia.

Literatura

1. Bergmann W.: Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis, Fischer. Jena, 1992, ss 741.
2. Czuba R.: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 161-169.
3. Dell B., Huang L.: Physiological response of plants to low boron. Plant Soil, 1997, **193**: 103-120.
4. Falkowski M., Kukiela I., Kozłowski S.: Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Skrypt AR w Poznaniu 2000:108-109.
5. Fotyma M., Mercik S.: Chemia Rolna. Wydawnictwo Naukowe PWN, 1995, ss 336.
6. Gembarzewski H.: Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 171-179.
7. Gorlach E., Mazur T.: Chemia Rolna: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2001: ss 347.
8. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. Puławy 2008, Instrukcja **151**: ss 24.
9. Kabata-Pendias A., Pandal H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa, 1993: 364 ss.
10. Kocón A.: Potrzeby pokarmowe roślin, niedobory składników i metody oceny stanu odżywiania roślin. Integrowana Produkcja Roślinna. Zagadnienia wybrane. Praca zbiorowa pod redakcją J. Podleśnego, 2007: 181-186.
11. Kocón A.: Effect of foliar top dressing of wheat and oilseed rape with mixed micronutrient fertilizers on yield volume and quality. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **541**: 239-244.
12. Korzeniowska J.: Potrzeby nawożenia pszenicy cynkiem, miedzią i borem w warunkach glebowo-klimatycznych Polski. IUNG Puławy, Monografie i rozprawy naukowe, 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.: Ocena zasobności gleb Polski w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **541**: 291-296.
15. Maćkowiak Cz., Żebrowski J.: Skład chemiczny obornika w Polsce. Nawozy i Nawożenie. 2000, **4**: 119-130.
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. Mengel K., Kirbky E. A.: Podstawy Żywnienia Roślin 1983: ss 527.
18. Patorczyk-Pytli B., Skoczyński M.: Zawartość niektórych mikroelementów w runi użytków zielonych okolic Wrocławia. Cz. II. zawartość żelaza i manganu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **502**: 603-609.
19. 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.
20. Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U.: Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 1-11.
21. Spiak Z.: Mikroelementy w rolnictwie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 29-34.
22. Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J.: Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy, 2007, **8**: 99-110.
23. Starck Z.: Rola składników mineralnych w roślinie. Fizjologia roślin pod redakcją Kopcewicz J. i Lewaka S., 2007: 228-245.
24. Sztuder H.: Ocena efektywności dolistnego dokarmiania wybranych gatunków roślin nawozami płynnymi zawierającymi mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **541**: 417-424.
25. Szulc W., Rutkowska B., Łabętowicz J.: Bilans mikroelementów w zmianowaniu w trwałym doświadczeniu nawozowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **502**: 363-369.

26. Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K.: Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1995, **418**: 45-60.
 27. Wróbel S.: Wpływ wieloletniego produkcyjnego użytkowania pól uprawnych na zaopatrzenie gleb i pszenicy jarej w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 619-626.
 28. Zalecenia nawozowe. Praca zbiorowa.: Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. II, IUNG Puławy, 1990, **P(44)**: 1-26.
-

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