

Urszula Sienkiewicz-Cholewa, Ewa Stanisławska-Głubiak

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

### ROLA MIKROELEMENTÓW W KSZTAŁTOWANIU WIELKOŚCI I JAKOŚCI PLONU RZEPAKU OZIMEGO\*

Rzepak jest najważniejszą rośliną oleistą w Europie. W Polsce uprawiany jest na powierzchni 450 tys. ha. Nasiona rzepaku w zależności od odmiany zawierają 43-49% oleju i ponad 20% białka pastewnego. Olej z nasion odmian podwójnie ulepszonych jest uznawany za najzdrowszy olej roślinny dla żywienia człowieka, ze względu na wysoką zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (linolowego i linolenowego) oraz ich właściwy stosunek ilościowy 2 : 1. Śruta rzepakowa i wytloki są wartościową paszą białkową i stanowią ważne uzupełnienie deficytu pasz białkowych w Polsce i innych krajach UE. Średnia wielkość plonów nasion uzyskiwana w kraju w ciągu ostatniego dziesięciolecia – niewiele ponad 2 t z ha – znacznie odbiega poziomem od wydajności osiąganego w innych krajach UE, jak Niemcy, Francja, Dania i Wielka Brytania, gdzie średni plon wynosi 3,2 t z ha (30). W praktyce jednak rolnicy polscy realnie zbierają plony, które stanowią około 50% plonu wyznaczonego możliwościami obecnie uprawianych odmian, a 25% plonu teoretycznie możliwego do osiągnięcia (17).

Z końcem lat 70. sukcesem zakończyły się prace genetyczne i biochemiczne nad usunięciem zawartego w nasionach kwasu erukowego. W olejach uprawianych wówczas odmian tradycyjnych jego udział przekraczał 50% zawartości kwasów tłuszczowych i budził poważne zastrzeżenia co do wykorzystania ich do celów jadalnych (22). Kolejnym osiągnięciem było poprawienie wartości żywieniowej śruty rzepakowej, która nie mogła być wykorzystywana do celów paszowych z uwagi na obecność szkodliwych dla zwierząt związków siarkowych, tzw. glukozynolanów (olejków gorczycznych). Odmiany powszechnie dziś uprawiane zawierają śladowe ilości kwasu erukowego, a także mniejsze niż  $20 \mu\text{M} \cdot \text{g}^{-1}\text{s.m.}$  beztłuszczowej glukozynolanów. Nazywa się je „podwójnie ulepszonymi” lub dwuzerowymi „00”, ponieważ dają zarówno ulepszony olej spożywczy, jak i lepszą śrutę paszową. Obecnie prace hodowlane zmierzają do uzyskania odmian rzepaku o cieńszej okrywie nasiennej, tzw. potrójnie ulepszonych („000”), co zwiększyłoby znacznie strawność śruty (22). Znajdujemy się również na progu innego przełomu w hodowli rzepaku, jakim jest wprowadzenie do pro-

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

dukcji odmian mieszańcowych, tzw. mieszańców liniowych, plonujących o 20-30% wyżej od uprawianych obecnie.

W warunkach naszego kraju uzyskiwanie niskich plonów nasion rzepaku związane jest z niepełnym rozeznaniem jego potrzeb pokarmowych, a są one wysokie zarówno w stosunku do makro-, jak i mikroelementów. W praktyce pod rzepak stosuje się duże dawki nawozów podstawowych, nie uwzględniając zapotrzebowania tej rośliny na mikroelementy, które oprócz ważnej roli fizjologicznej dla roślin mają również znaczenie plonotwórcze. Synteza zarówno tłuszczu, jak i białka w rzepaku zachodzi w stosunkowo krótkim okresie wytwarzania nasion i wymaga odpowiedniej aktywności enzymatycznej, która zależy od zawartości mikroelementów w tkankach roślinnych. Bor jest niezbędny w przemianach węglowodanów prowadzących do syntezy tłuszczu. Miedź, molibden, mangan i cynk pełnią rolę w przemianach związków azotowych i ich niedobór powoduje zaburzenia w syntezie białek (22, 37).

Większość prac w kraju i na świecie nad znaczeniem mikroelementów dla rozwoju i plonowania rzepaku przypada na lata 1970–1980, kiedy uprawiano powszechnie odmiany tradycyjne. Badania te koncentrowały się głównie na analizowaniu zawartości mikroelementów w rzepaku w różnych fazach rozwojowych rośliny. Z początkiem lat 90. podjęto ściśle badania nawozowe zmierzające do określenia ilościowego zapotrzebowania rzepaku na poszczególne mikroelementy i sprecyzowania odpowiednich zaleceń nawozowych.

### **Bor**

Zarówno w badaniach krajowych, jak i zagranicznych bor przedstawiany jest jako jeden z najbardziej deficytowych składników pokarmowych roślin (6, 8, 10, 12). W opinii niektórych badaczy (26) niedostatki boru w rolnictwie występują w skali globalnej z większą częstotliwością i dotyczą większej liczby gatunków roślin uprawnych niż niedobory innych składników.

Niską zasobność w bor stwierdzono w 79% gleb w kraju (8). Straty powodowane pobieraniem tego mikroelementu z plonami roślin uprawnych i wymywaniem z gleby przez opady (około 200 g B z ha rocznie) zdecydowanie przewyższają jego przychody (nawożenie mineralne i naturalne, mineralizacja). Bilans mikroelementów w krajowym rolnictwie dokonany przez C z u b ę (6) na podstawie struktury zasiewów w latach 1998–2000 potwierdza, że najniższe pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin występuje w przypadku boru. Przy średnich plonach krajowych, nawet w klasycznym systemie nawożenia obornikiem i przedsięwziętymi stałymi nawozami mineralnymi z uzupełniającym dokarmianiem pogłównym, występują u roślin niedobory boru (pokrycie potrzeb pokarmowych wynosi 72%).

Niską zawartość B przyswajalnego wykazują zazwyczaj gleby lekkie i kwaśne, wytworzone z piasków o dużej przepuszczalności. Bor nie ulega w glebie sorpcji i jego związki są dobrze rozpuszczalne i łatwo wymywane. Jest on pobierany przez rośliny na zasadzie przepływu z wodą, stąd jego niedobory występują w latach suchych (37).

Dotychczas bor uznawany był za mikroelement niezbędny jedynie dla roślin. Badania z ostatnich lat dowodzą, że jest on także niezbędny dla ludzi i zwierząt. Niedobory boru w organizmie mogą powodować zaburzenia funkcji mózgu oraz nasilenie zachorowań na artretyzm i alergię. Udowodniono także pozytywny wpływ tego składnika w leczeniu osteoporozy (25).

### Fizjologiczna rola boru

Bor bierze udział w procesie podziału i różnicowania się komórek stożków wzrostu łodyg i korzeni. Ma decydujący wpływ na przemiany i transport węglowodanów w roślinie. Duże potrzeby pokarmowe rzepaku w stosunku do boru związane są z wpływem tego składnika na tworzenie się organów generatywnych, prawidłowe wykształcanie pyłku kwiatowego i zalążni, na kiełkowanie i wzrost łagiewki pyłkowej, zapłodnienie, wykształcanie kwiatów, nasion i łuszczyń (37). Koncentracja boru w roślinach w warunkach dostatecznej zasobności gleb wzrasta aż do fazy kwitnienia, w której jego pobranie jest największe i osiąga 80% pobrania całkowitego. Konsekwencją niedożywienia roślin borem może być zahamowanie tworzenia się owoców i obniżenie plonu nasion nawet do 20% szacowanej wysokości (1). Dostateczna dla roślin zawartość boru w częściach wskaźnikowych – liściach rzepaku w okresie pełnego ich rozwoju – powinna wynosić 30-60 mg · kg<sup>-1</sup> s.m. (2).

Bor nie jest reutilizowany w roślinie i nie przemieszcza się ze starszych do młodych organów. Pierwsze objawy niedoboru tego składnika występują w pierwszej kolejności na młodych liściach w postaci chlorozy. Przy pogłębiającym się niedożywieniu symptomy niedoboru tego pierwiastka pojawiają się na rzepaku podczas kwitnienia i zawiązywania łuszczyń – kwitnienie roślin jest słabe, opadają kwiaty, zawiązywana jest mała ilość łuszczyń i nasion.

### Wpływ boru na plonowanie rzepaku

Zalecenia światowej agencji ds. rolnictwa ONZ-FAO (20) informują o dużej wrażliwości roślin z rodziny *Cruciferae* na niedobory boru. Opinię tę potwierdza Shorrocks (32) na podstawie przeglądu wyników badań światowych, dotyczących nawożenia rzepaku tym składnikiem.

Rzepak ozimy w porównaniu z wieloma roślinami uprawnymi wykazuje duże zapotrzebowanie na bor. Na 1 tonę nasion pobiera szacunkowo około 50 g boru. Według Fincka (10) może on pobierać 100-500 g B z ha, dorównując niekiedy pod tym względem burakowi cukrowemu. Charakterystyczną cechą tego gatunku jest stosunkowo wysoka zawartość B w nasionach, dziesięciokrotnie wyższa niż w ziarnie zbóż.

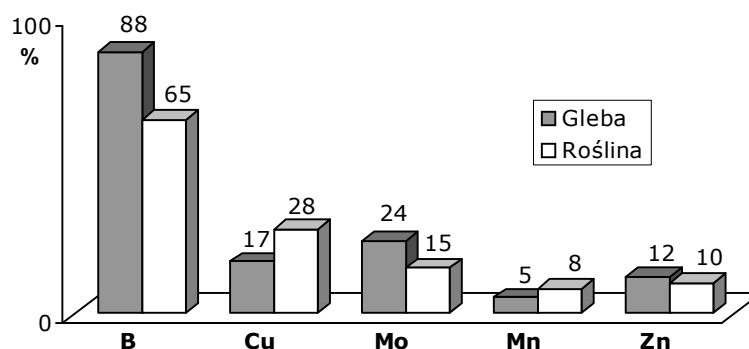
W latach 70. Bergmann (cyt. za 37) stwierdził u uprawianych wówczas odmian tradycyjnych rzepaku ozimego znaczące zwyczajki plonów nasion (0,2-0,3 t · ha<sup>-1</sup>) po zastosowaniu doglebowo 2 kg B · ha<sup>-1</sup> na glebach lekkich i ubogich w bor. Gerathin (13) na podstawie doświadczeń wazonowych z rzepakiem podwójnie ulepszonej odmiany, że nawożenie borem już w dawce 1 kg B · ha<sup>-1</sup>, przy średniej zawartości tego składnika w glebie, powodowało wzrost plonu nasion rzepaku o 0,3 t · ha<sup>-1</sup>

w stosunku do obiektu kontrolnego. W ścisłych doświadczeniach polowych po zastosowaniu dawki  $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  uzyskali istotny efekt plonotwórczy w postaci 5-10% wyżki plonu. Wzrost plonów związany był ze zwiększeniem zawartości boru w liściach z  $29 \text{ mg}$  w roślinach z obiektu kontrolnego do poziomu optymalnego –  $52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  Schröder i Flak (30) w doświadczeniach polowych prowadzonych w latach 90. uzyskali pod wpływem nawożenia borem wyżki plonów nasion rzepaku w zakresie 8-18%, przy niskiej i średniej zasobności gleb w ten mikroelement. W podobnych warunkach duży wzrost plonów uzyskała Bożys (5) po zastosowaniu nawożenia dolistnego zwiększającymi się dawkami boru od  $0,4$  do  $1,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Najbardziej efektywne działanie wykazała dawka najwyższa, po zastosowaniu której uzyskano wyżkę plonu  $0,71 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz największą produkcję tłuszczu surowego –  $2,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Istotne plonotwórcze działanie wykazało również nawożenie najniższe w dawce  $0,4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , zwiększając plon nasion o  $0,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Na początku lat 80. Sikora (35) zbadał, na podstawie analizy chemicznej liści, stan odżywienia rzepaku ozimego borem na 68 krajowych plantacjach produkcyjnych. Niską zawartość boru ( $<30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ) wykazywały rośliny z 84% pól, natomiast silny niedobór tego składnika ( $<20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ) charakteryzował aż 46% badanych próbek.

Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski (33) na podstawie wyników badań przeprowadzonych w latach 1987–1990 stwierdzili w glebach z 81 pól produkcyjnych rzepaku w kraju występowanie ogólnego deficytu boru (rys. 1). Do określenia wielkości niedoborów posłużyli się indeksami zasobności gleb w bor, wyrażającymi stosunek aktualnej i krytycznej zawartości składnika (według liczb granicznych IUNG, 38), przyjętej za 100%. Niedostateczną dla roślin zasobność w B wykazało 88% badanych gleb, dla których uzyskane indeksy były niższe od 100 (ind.  $B < 100$ ), natomiast ostry niedobór (ind.  $B < 50$ ) stwierdzono w 40% gleb, głównie z pól, gdzie uzyskano najniższe plony nasion rzepaku  $1,2$ - $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Większe plony uzyskiwano przy wyraźnie wyższej zawartości boru przyswajalnego w glebach. Występujący powszechnie niedobór boru w glebach na polach rzepakowych odzwierciedlił się w roślinach, z których 65% próbek liści (części wskaźnikowe) wykazało niedostateczny dla roślin poziom tego składnika, w stosunku do zakresu zawartości optymalnych (2). Zawartość boru w rzepaku była tym wyższa, im wyższy był poziom uzyskanego plonu. Na polach o najniższych plonach stwierdzono zbyt niskie dla roślin zawartości B (średnio  $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Zawartość tego składnika w częściach wskaźnikowych roślinzaledwie osiągała dostateczny poziom średnio –  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ), na polach o najwyższej produktywności –  $3,3$ - $5,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wyższa koncentracja boru występująca zarówno w glebach, jak i w liściach rzepaku z pól o najwyższych plonach zapewniała również optymalną zawartość tego składnika w nasionach.

Ci sami autorzy (34) w 4-letnich doświadczeniach polowych prowadzonych w latach 90. uzyskali jedynie tendencje wyższego plonowania roślin pod wpływem doglebowego nawożenia rzepaku ozimego borem, mimo że w większości przypadków (8 z 9) stwierdzono niską jego zawartość w glebach. Występująca jednak w 6. do-



Rys.1. Udział próbek gleb i roślin z niedoborem poszczególnych mikroelementów (%)  
 Źródło: Sienkiewicz-Cholewa U. i Gembarzewski H., 1996 (33).

świadczeniach optymalna koncentracja boru w częściach wskaźnikowych świadczyła o dostatecznym zaopatrzeniu rzepaku w ten składnik. W związku z występującą niezgodnością zasobność gleb w bor dla potrzeb rzepaku wyceniono posługując się liczbami granicznymi obniżonymi o 30% (ind. B = 70 zamiast 100%), co potwierdziło niewielkie niedobory tego składnika jedynie w 3 punktach doświadczalnych. Fakt ten świadczy o konieczności wprowadzenia do liczb granicznych stosownej korekty.

### Zalecane nawożenie

Rzepak można nawozić borem doglebowo i dolistnie. Przy ostrych niedoborach boru szczególnie zalecane jest na plantacjach rzepaku doglebowe nawożenie roślin, zwiększające naturalne zasoby składnika. Nawożenie dolistne nie zbilansuje bowiem w pełni podstawowego nawożenia i jest tylko uzupełnieniem nawożenia doglebowego w okresie trwania wegetacji.

Nawozy stałe zalecane do stosowania doglebowego:

- kwas borowy  $H_3BO_3$  – sól techniczna w dawce  $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  – roztwór wodny przedsiewnie,
- polifoska B – NPK(S) + B 0,3% – przedsiewnie bądź pogłównie wiosną,
- superfosfat 20 z B – P + B 0,2% – przedsiewnie,
- lubofos pod rzepak – NPK(Ca, Mg, S) + B 0,2% – przedsiewnie,
- luboplón R – NPK(Mg, S)B + 0,2% – przedsiewnie.

Nawozy dolistne:

- solubor DF (B 17%), ADOB BOR (B 10,5%) –  $1-3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; opryski od fazy rozety do zielonego pąka,
- insol B (B 10%) –  $1-2 \text{ l}$  w  $300 \text{ l}$  wody w fazie zielonego pąka; można stosować łącznie z roztworem mocznika, RSM i siarczanem magnezu.

## Miedź

Drugim po borze składnikiem najsilniej wyczerpywanym i występującym w zbyt małych ilościach w glebach krajowych jest miedź. Niedobory tego mikroelementu obejmują blisko 30% upraw rzepaku w kraju (33). Przyczyną istniejącego niedożywienia roślin na plantacjach jest niska zasobność gleb w ten składnik. Stwierdzono również obniżanie się zawartości miedzi w plonach roślin w stosunku do średniej krajowej z lat 70. (19). Najnowsze badania zasobności gleb z lat 1994–1999 (8) przeprowadzone przez stacje chemiczno-rolnicze na podstawie analiz ponad 100 tys. próbek wykazały, że niska zawartość miedzi cechuje 36% gleb w Polsce. Najuboższe w miedź są gleby lekkie, piaskowe. Im gleba cięższa, tym z reguły jest zasobniejsza w ten składnik.

Obliczenia wykonane dla 3 systemów nawożenia wskazują, że nawet w systemie klasycznym – obornik + nawożenie mineralne – dla plonów o połowę wyższych od średniej krajowej bilans miedzi jest ujemny, a pokrycie potrzeb pokarmowych roślin na ten składnik wynosi 78% (6).

Miedź jest w glebie i w roślinie stosunkowo mało ruchliwa. Występowaniu objawów niedoboru sprzyja silna sorpcja tego składnika przez białka obecne w dolnych liściach, utrudniająca jej transport do górnych piętér źdźbeł.

### Fizjologiczna rola miedzi

Większość funkcji miedzi jako składnika pokarmowego roślin związana jest z jej występowaniem w enzymach i innych miedzioproteinach. Miedź bierze udział w procesach fotosyntezy, oddychania, transportu węglowodanów oraz metabolizmie błon komórkowych, wpływając na ich przepuszczalność (18). Uczestniczy w przemianach związków azotowych i dla dobrego wykorzystania azotu rośliny muszą być w wystarczającym stopniu zaopatrzone w ten składnik. Niedostatek Cu powoduje zaburzenia procesu biosyntezy białek. Miedź zwiększa aktywność reduktazy azotanowej, a jej niedobór ogranicza wiązanie amoniaku w aminokwasy i obniża zawartość N-białkowego.

Krytyczny poziom zawartości miedzi w częściach nadziemnych roślin mieści się najczęściej w przedziale  $4\text{--}5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  (18). Następstwem niedoborów miedzi u roślin są zaburzenia w metabolizmie oraz osłabienie katalitycznego działania układów enzymatycznych, za które jest ona „odpowiedzialna”. Silny niedobór miedzi w glebie może spowodować u roślin rzepaku obumieranie nowych stożków wzrostu i części roślin (nekroza). Liście stają się nienaturalnie wydłużone i wybielone.

Miedź jest uznawana również za jeden z najważniejszych mikroelementów niezbędnych do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmów ludzi i zwierząt. Występuje prawie we wszystkich tkankach, głównie w enzymach w postaci kompleksów z białkami, spełniając rolę katalizatorów kierujących przemianą materii (29). Zawartość miedzi w produktach pochodzenia roślinnego i jej spożycie przez ludzi i zwierzęta niepokojąco się obniża. Niedobór Cu prowadzi do zaburzeń pracy serca, choro-

by wieńcowej i zapalenia stawów. Obecnie z powodu niskiego poziomu Cu w paszy 50% bydła w kraju wykazuje objawy hipokupremii (23, 24). Naturalnym sposobem dostarczania pożądanej ilości miedzi w paszy i w pożywieniu jest utrzymywanie odpowiedniej jej zawartości w produktach roślinnych. Dzienna dawka miedzi w paszy powinna wynosi 8-12 mg · kg<sup>-1</sup> s.m. (21).

### Wpływ miedzi na plony rzepaku

Dotychczas na świecie rzepak uważany był niezmiennie za gatunek o małej wrażliwości na niedobory miedzi (20, 32, 37). Należy jednak zwrócić uwagę, że powszechnie uprawiane dzisiaj podwójnie uszlachetnione odmiany rzepaku pobierają tak duże ilości miedzi, jak zboża – średnio 10 g na 1 tonę plonu nasion, tj. około 40 g Cu z ha, co świadczy o znacznym zapotrzebowaniu również na ten mikroelement.

Już w latach 60. wyniki doświadczeń wazonowych R u s z k o w s k i e j i Ł y s z c z (27) wskazywały na potrzebę nawożenia rzepaku miedzią w warunkach wysokiego poziomu nawożenia podstawowego, zwłaszcza na glebach lżejszych o niskiej zawartości tego składnika. Po zastosowaniu niskiego nawożenia NPK nie tylko nie stwierdzono zwyżek plonów pod wpływem miedzi, ale nastąpiło ich obniżenie przy najwyższej dawce Cu. Przy większych dawkach NPK zwyżka plonu nasion sięgała 40%. Na plonotwórczą rolę miedzi w uprawie rzepaku „00” wskazują wyniki doświadczeń ścisłych B o b r z e c k i e j i S a l a m o n i k a (3). Stwierdzono w nich istotną zależność między wysokością plonu i zawartością tłuszczu w nasionach rzepaku a nawożeniem miedzią. Po zastosowaniu 10 kg Cu · ha<sup>-1</sup> zwyżki plonów nasion wynosiły od kilku do kilkunastu procent w stosunku do obiektu kontrolnego. Wzrastała również MTN i zawartość tłuszczu w nasionach. W dużej mierze efekt nawożenia zależał od typu gleby. Na glebie lżejszej – płowej – przy niższym plonowaniu zwyżki odnotowano większe. Na madzie, gdzie uzyskano plony znacznie wyższe reakcja rzepaku na nawożenie miedzią była słabsza. Efekt działania miedzi istotnie zwiększał dodatek boru. W innych doświadczeniach B o b r z e c k a i in. (4) dowiedli, że pod wpływem miedzi wzrasta również zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych, która w dużej mierze decyduje o przydatności i wykorzystaniu oleju rzepakowego w żywieniu i dietetyce człowieka. Badania prowadzone na polach produkcyjnych rzepaku w kraju wykazały, że uprawiany jest on w większości na glebach lekkich – 44% pól, które są zwykle ubogie w miedź (33). W 17% badanych gleb stwierdzono niską zasobność w ten składnik. Niedostateczna zawartość Cu w liściach rzepaku w okresie pełnego rozwoju (części wskaźnikowe), w porównaniu z zakresem optymalnym Bergmanna (2), występowała aż w 28% plantacji (rys. 1). Syntetyczna analiza plonów rzepaku z 9 doświadczeń ścisłych na glebach czarnoziemnych wykazała istotny wpływ nawożenia miedzią w dawce 8 kg Cu · ha<sup>-1</sup> na wysokość uzyskiwanych plonów nasion – zwyżki sięgały 0,5 t · ha<sup>-1</sup> (34). Mimo że gleby na obiektach doświadczalnych wykazywały średnią (6 pól) i wysoką (3 pola) zasobność gleb w Cu, to w liściach rzepaku z obiektów kontrolnych stwierdzono w większości punktów niedostateczną jej zawartość dla roślin. Również w nasionach koncentracja Cu była niższa

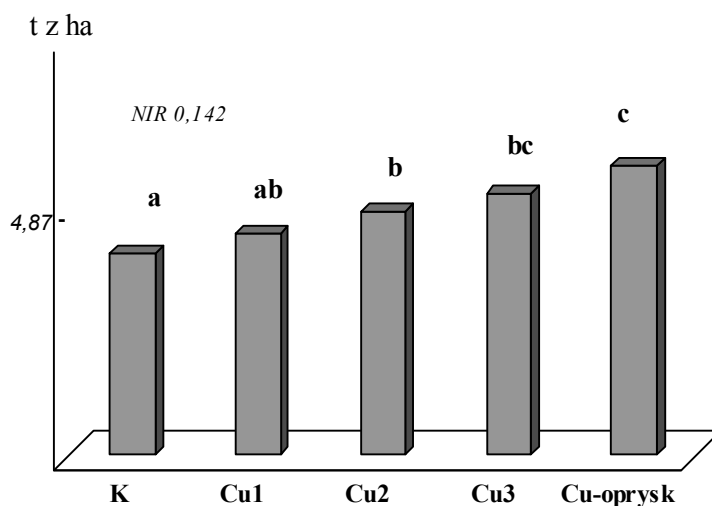
od średniej krajowej (19), jak i w stosunku do wymagań paszowych stawianych makucom (21).

W latach 2003–2005 w SD Baborówko i Osiny Sienkiewicz-Cholewa (materiały w publikacji) przeprowadziła 6 ścisłych doświadczeń polowych ze zróżnicowanym nawożeniem rzepaku miedzią. Obok obiektu kontrolnego zastosowane w nich doglebowe nawożenie wzrastającymi dawkami miedzi (4, 8 i 10 kg Cu · ha<sup>-1</sup>) oraz oprysk dolistny w dawce optymalnej dla roślin (250 g Cu · ha<sup>-1</sup>). We wszystkich doświadczeniach pod wpływem nawożenia miedzią wystąpiły udowodnione statystycznie zwyżki plonów nasion rzepaku po zastosowaniu dolistnego oprysku oraz w wyniku doglebowego nawożenia średnią i najwyższą dawką miedzi (8 i 12 kg Cu · ha<sup>-1</sup>). Nawożenie dawką 4 kg Cu · ha<sup>-1</sup> nie powodowało zwiększenia plonów nasion rzepaku (rys. 2). Zwyżki plonów nasion pod wpływem dolistnego nawożenia miedzią wynosiły 9%, natomiast skutek nawożenia doglebowego 7%.

Najbardziej skuteczny pod względem odżywienia rzepaku miedzią okazał się oprysk dolistny w dawce 250 g Cu · ha<sup>-1</sup>, który spowodował optymalne i ponadoptymalne zaopatrzenie roślin w ten składnik.

#### Zalecane nawożenie

W przypadku, gdy występują niedobory miedzi najskuteczniej jest zastosować przed-siewnie nawożenie w postaci soli technicznej w dawce 8 kg Cu · ha<sup>-1</sup>. Zabieg taki jest wystarczający na pokrycie zapotrzebowania roślin na kilka lat (9). W przypadku stwierdzenia niskiej zawartości miedzi w roślinach należy zastosować w czasie wegetacji nawożenie dolistne w fazie pąkowania rzepaku – oprysk 2% roztworem wodnym



Rys. 2. Średnie plony nasion rzepaku z doświadczeń (synteza wyników).

Obiekty oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie wg testu Tukeya

Źródło: Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 1997 (34).



siarczanu miedzi w dawce  $250 \text{ g Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$  (1 kg siarczanu miedzi na 500 l wody). Jednakże bardziej wskazane od dolistnego jest przedsięwzięcie nawożenia rzepaku miedzią.

### Molibden

Udział gleb o niskiej zawartości molibdenu w Polsce szacuje się na około 40% (8). Z badań plantacji produkcyjnych rzepaku w kraju wynika, że niedobory molibdenu dotyczą 24% gleb (rys. 1), a w przypadku roślin – 15% pól (33).

Z bilansu mikroelementów sporządzonego dla warunków krajowych wynika, że w klasycznym systemie nawożenia, w którym stosowany jest obornik współzrędnie ze stałymi nawozami mineralnymi, pokrycie potrzeb roślin na molibden jest wystarczające tylko dla średniego poziomu plonów. Przy plonach o 50% wyższych od średnich krajowych deficyt molibdenu wynosi około 20% w stosunku do potrzeb pokarmowych. Bez stosowania obornika może natomiast wynosić nawet 70% (6).

W warunkach naszego kraju, gdzie gleby zakwaszone stanowią blisko 60% arealu dostępność molibdenu dla roślin jest ograniczona. Rzepak, który często uprawiany jest w warunkach optymalnego odczynu może odczuwać niedostatek tego składnika. Molibden jest jedynym z ważnych rolniczo mikroelementów, którego przyswajalność dla roślin zwiększa się wraz ze wzrostem wartości pH gleby. Na glebach zakwaszonych pierwiastek ten jest silnie wiązany i praktycznie niedostępny dla roślin. Przy  $\text{pH} < 5$  zachodzi jego adsorpcja przez tlenki żelaza, glinu, manganu oraz przez minerały ilaste. W miarę wzrostu wartości pH adsorpcja staje się coraz słabsza i zanika całkowicie przy  $\text{pH} = 7,5$  (18, 37). W glebach o uregulowanym odczynie niedobory molibdenu praktycznie nie występują, z wyjątkiem gleb bardzo lekkich.

Zewnętrzne symptomy niedoboru molibdenu w pierwszej kolejności pojawiają się na liściach starszych i przypominają objawy głodu azotowego. Zostaje zahamowany wzrost roślin, a następnie pojawia się chloroza między żyłkami. Błyszki liściowe słabo się wykształcają, są wąskie i zdeformowane, co nazywane jest biczykowatością liści.

#### Fizjologiczna rola molibdenu

Rola molibdenu we wzroście i rozwoju rzepaku polega głównie na jego udziale w metabolizmie azotowym prowadzącym do syntezy białek. Molibden jest komponentem reduktazy azotanowej, która uczestniczy w redukcji azotanów (V) do azotanów (III), a więc w pierwszym etapie procesu tworzenia białek (37). Przy optymalnym nawożeniu rzepaku azotem ( $200\text{-}240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) niedobór molibdenu prowadzi do akumulacji azotanów (V), osłabienia wzrostu roślin i zahamowania syntezy białka. Stwierdzono również wpływ tego pierwiastka m.in. na syntezę chlorofilu i kwasu askorbinowego.

Molibden ze średnim plonem rzepaku pobierany jest w ilości około 4 g z ha.

### Wpływ molibdenu na plony rzepaku

W Polsce pionierem badań nad reakcją rzepaku na nawożenie molibdenem był Gorlach (cyt. za 7), który proponował rzepak jako roślinę testową do oceny zasobności gleb w ten składnik. W latach 60. w doświadczeniach wazonowych na 16 glebach o zróżnicowanym odczynie (pH 4,1-7,3) i różnej zawartości Mo (0,05-0,26 mg · kg<sup>-1</sup>) oceniał wpływ nawożenia molibdenem na plon rzepaku (15). Istotną reakcję na Mo stwierdził w 8 przypadkach, w tym silną na 5 glebach kwaśnych o pH 4,1-5,2. W innych doświadczeniach uzyskał najczęściej powtarzające się zwwyżki plonów, po łącznym stosowaniu Mo z innymi mikroelementami (cyt. za 37). Prace te dotyczyły powszechnie uprawianych wówczas tradycyjnych odmian rzepaku.

Stosowanie molibdenu w uprawie rzepaku jest dziś jednym z nowych trendów nawożenia w Niemczech. F i n c k i S a u e r m a n n (11) dla oceny zaopatrzenia gleb w Mo oraz zdiagnozowania potrzeb nawożenia rzepaku tym składnikiem przeprowadzili ponad 70 doświadczeń w różnych rejonach Niemiec, stosując jego zróżnicowane dawki. Aż 81% pól wykazało wysoką zawartość Mo, natomiast na 11 polach odnotowano jego niedobór. W 6 doświadczeniach uzyskano pod wpływem dawki 1 kg Mo · ha<sup>-1</sup> istotny wzrost plonów o około 1 dt z ha, co uzasadnia potrzebę nawożenia rzepaku molibdenem w warunkach jego niedoboru w glebie. Przy wysokiej zasobności gleb w Mo i optymalnym ich odczynie nawożenie tym składnikiem nie przyniosło efektów plonotwórczych. S c h r ö d e r i F a l k e (32) w doświadczeniach polowych z powodzeniem zastosowali kompleksowe nawożenie B i Mo na glebach o niskiej i średniej ich zasobności, uzyskując wysokie zwwyżki plonów nasion od 1,4 do 2,0 dt z ha.

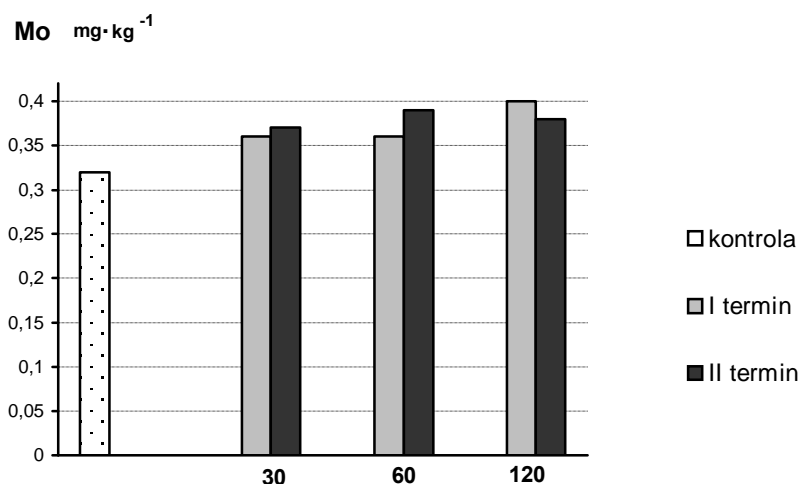
W doświadczeniach polowych S i e n k i e w i c z - C h o l e w a i G e m b a r z e w s k i (34) po zastosowaniu pod rzepak zoptymalizowanej dawki molibdenu – 0,4 kg Mo · ha<sup>-1</sup> – uzyskali w warunkach gleb lekko kwaśnych istotny wzrost plonu nasion, średnio 8%. Lepsze efekty plonotwórcze – 10% zwwyżki plonu – przyniosło kompleksowe nawożenie rzepaku B i Mo.

Dużym krokiem naprzód w rozpoznaniu roli molibdenu w uprawie rzepaku były szeroko zakrojone badania przeprowadzone przez S t a n i s ł a w s k ą - G ł u b i a k (36). Materiał badawczy stanowiły wyniki z 33 doświadczeń dwuczynnikowych prowadzonych w okresie 2 lat (1987–1988) na polach produkcyjnych w województwach o największym w kraju udziale rzepaku w strukturze zasiewów. W doświadczeniach wytyczonych w lanach rzepaku zastosowano opryski dolistne wzrastającymi dawkami molibdenu (30, 60 i 120 g Mo · ha<sup>-1</sup>) w dwóch terminach – wiosną kilka dni po ruszeniu wegetacji oraz na początku formowania łodygi. Rzekpak uprawiany był na glebach średnich i ciężkich (16 i 4 doświadczenia) oraz lekkich (13 doświadczeń) o zróżnicowanym odczynie, w granicach pH 4,1-7,1. Największy udział stanowiły gleby o odczynie kwaśnym i bardzo kwaśnym (36%) o średniej zasobności w przyswajalny molibden. W doświadczeniach przeprowadzonych na glebach bardzo kwaśnych (pH<4,5) uzyskano najniższe plony nasion rzepaku. Z uwagi na słabą dostępność molibdenu na glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych można było przypuszczać, że

nawożenie tym pierwiastkiem będzie najbardziej efektywne w warunkach niskiej wartości pH gleby.

Stanińska-Głubiak (36) wykazała w doświadczeniach znacznie większą skuteczność nawożenia Mo na glebach lekko kwaśnych i obojętnych o  $\text{pH} > 5,5$ . Uzyskana istotna statystycznie średnia zwyżka plonów nasion wynosiła  $0,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W tej grupie doświadczeń istotnie większy wpływ na plonowanie rzepaku miały wyższe dawki molibdenu – 60 i  $120 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wpływ terminu oprysku na wysokość plonów okazał się nieistotny. Na glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych o  $\text{pH} < 4,5$  średnia zwyżka plonów wskutek nawożenia molibdenem była bardzo niska i kształtowała się na granicy istotności ( $0,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Nie udowodniono na tych glebach również wpływu wielkości dawki Mo oraz terminu zabiegu na plonowanie rzepaku ozimego. Brak reakcji na nawożenie molibdenem w warunkach gleb kwaśnych tłumaczy się występowaniem innych czynników ograniczających plony – obecnością toksycznych dla roślin jonów glinu i manganu, ograniczających dostępność fosforu i utrudniających pobieranie Ca i Mg. Dla rzepaku jako rośliny o dużym zapotrzebowaniu na ten mikroelement zasoby molibdenu nawet na glebach o wyższej wartości pH i warunkach dobrej przyswajalności składnika były na tyle małe, że zareagował on zwyżką plonów na dolistne nawożenie molibdenem.

Dolistne nawożenie rzepaku molibdenem oprócz reakcji w plonach spowodowało również zmiany zawartości tego mikroelementu w nasionach, co ma szczególne znaczenie, gdy mają one stanowić materiał siewny lub surowiec paszowy. We wszystkich doświadczeniach zawartość molibdenu w nasionach rzepaku nawożonego Mo była większa niż na obiektach kontrolnych. W zależności od stosowanych dawek i terminów aplikacji molibdenu mieściła się w zakresie  $0,36\text{-}0,40 \text{ mg Mo} \cdot \text{kg}^{-1}$  (rys. 3).



Rys. 3. Średnia zawartość molibdenu w nasionach rzepaku w zależności od dawki i terminu stosowania Mo

Źródło: Stanińska-Głubiak E., 2003 (36).

Najmniejszą zawartość Mo stwierdzono w roślinach nawożonych dawkami 30 lub 60 g Mo · ha<sup>-1</sup>, a największą przy dawce 120 g Mo · ha<sup>-1</sup> stosowanej w I terminie.

Plon biologiczny białka rzepaku determinowany był przede wszystkim wielkością plonu nasion. W wyniku nawożenia rzepaku molibdenem uzyskano około 10% wyższy, udowodniony statystycznie, plon białka niż bez nawożenia Mo.

W świetle przedstawionych wyników badań dotychczas zalecana przez S z u k a l s k i e g o (37) dawka molibdenu do nawożenia dolistnego rzepaku ozimego w ilości 30 g Mo · ha<sup>-1</sup> okazała się zbyt mała. Najlepsze rezultaty można uzyskać stosując nawożenie 60-120 g Mo · ha<sup>-1</sup>, niezależnie od terminu aplikacji.

### **Zalecane nawożenie**

Głównie zaleca się wapnowanie gleb kwaśnych w celu zwiększenia dostępności molibdenu dla roślin. W glebach o uregulowanym odczynie niedobory molibdenu praktycznie nie występują (z wyjątkiem gleb bardzo lekkich) i nie zachodzi potrzeba nawożenia tym składnikiem. W przypadku uprawy rzepaku na glebach zakwaszonych wskazane jest dolistne nawożenie rzepaku w dawce 60 g Mo · ha<sup>-1</sup> roztworem wodnym molibdenianu amonu lub sodu o stężeniu 0,02% w okresie od wiosny (kilka dni po ruszeniu wegetacji) do początku formowania lodygi. Termin nawożenia Mo może być dostosowany do ewentualnego przeprowadzenia go łącznie z zabiegiem ochrony roślin.

## **Mangan**

Zasobność większości gleb Polski w ten mikroelement pokrywa potrzeby pokarmowe rzepaku. Według badań inwentaryzacyjnych około 90% gleb użytkowanych rolniczo charakteryzuje się wysoką i dostateczną dla rzepaku zasobnością w mangan (8). Jednak proces zubożenia gleb w ten składnik, głównie na skutek ich zakwaszenia, przebiega szybko i niedobory tego składnika mogą występować coraz częściej.

Przez wielu badaczy na świecie rzepak zaliczany jest do roślin średnio wrażliwych na niedobory manganu, głównie przy wysokich wartościach pH gleby (14, 20, 37). Pobranie tego składnika przez rzepak jest duże i wynosi około 270 g Mn z ha. O przyswajalności manganu dla roślin decyduje przede wszystkim odczyn gleb – im gleba jest bardziej kwaśna, tym związki manganu są bardziej rozpuszczalne i łatwiej dostępne; w glebach kwaśnych koncentracja Mn może być nawet toksyczna dla roślin. Brak manganu hamuje proces fotosyntezy. Przy ostrym niedoborze tego składnika na liściach rzepaku tworzą się przejaśnienia (chloroza), pojawiają się martwe tkanki między nerwami.

Zasadność nawożenia rzepaku ozimego manganem zależy od stanu zaopatrzenia gleb w przyswajalne formy tego składnika. G r z e b i s z (16) zaleca stosowanie Mn w postaci oprysku na glebach przewapnowanych przy pH>6,5, o ograniczonej przyswajalności tego składnika.

W badaniach prowadzonych na polach produkcyjnych rzepaku w kraju niedobory manganu występowały tylko w nielicznych przypadkach i udział gleb o niskiej zasob-

ności w ten składnik wynosił 5% (rys. 1). Również w doświadczeniach ścisłych polowych spośród badanych mikroelementów (B, Mo, Cu, Zn, Mn) mangan wykazał najmniejsze niedobory zarówno w glebach, jak i roślinach (34). Nawożenie tymi składnikami nie przyniosło pozytywnych efektów plonotwórczych.

### **Zalecane nawożenie**

Nawożenie rzepaku manganem należy stosować na glebach zwapnowanych o  $\text{pH} > 6.0$ , gdzie jest on niedostępny dla roślin. Z uwagi na szybkie uwstecznianie się manganu w warunkach wysokich wartości  $\text{pH}$  zaleca się dolistne nawożenie rzepaku w dawce  $1200 \text{ g Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$  w postaci siarczanu (VI) manganu (1% roztwór wodny), wiosną po ruszeniu wegetacji lub w fazie tworzenia łuszczyń, kiedy zapotrzebowanie rzepaku na ten składnik jest duże. Dobre efekty przynosi też nawożenie dolistne nawozem ADOB Mn, który zawiera 15,3 % Mn – wiosną w dwóch zabiegach w dawce  $2 \times 2$ , łącznie z zabiegami ochrony roślin, od fazy początku wzrostu roślin do fazy luźnego pąka.

### **Cynk**

Niedobory cynku u rzepaku występują bardzo rzadko, mimo że pobranie tego składnika przez rzepak jest stosunkowo duże i wynosi ponad  $500 \text{ g}$  z  $\text{ha}$ . Cynk jest aktywatorem enzymów kierujących przemianą białek, bierze udział w syntezie regulatorów wzrostu. Jego niedobór obniża poziom auksyn i wpływa hamująco na wzrost roślin (37). W kraju 90% gleb wykazuje wysoką i dostateczną dla roślin zasobność w cynk (8), a proces ubożenia gleb w ten składnik przebiega stosunkowo powoli (6, 12). Niedobory tego składnika mogą jednak występować na glebach o obojętnym lub zasadowym odczynie, wykazujących wysoką zawartość fosforu przyswajalnego. Na plantacjach rzepaku w kraju niedobory cynku występują rzadko – udział gleb o niskiej zawartości tego mikroelementu wynosił 12% (rys.1). Również w doświadczeniach polowych zarówno w glebach, jak i w roślinach rzepaku stwierdzono wysokie i średnie zawartości cynku. Stąd zastosowane nawożenie cynkiem w dawce  $8 \text{ kg Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$  nie przyniosło pozytywnych efektów plonotwórczych (34).

Literatura światowa nie podaje żadnych wyników badań nawozowych dotyczących tego zagadnienia. Jedynie Chińczycy Ye i Yan g (40) informują o zastosowaniu pod rzepak ozimy kombinacji nawozowej B + Zn w warunkach ich niedoboru w glebach, na której uzyskano przyrost plonów nasion o 24%. Nawożenie tymi mikroelementami obniżyło równocześnie zawartość glukozyolanów i zwiększyło poziom tłuszczu w nasionach.

W gospodarstwach o kierunku produkcji roślinnej niedobory cynku mogą występować częściej. W przypadku potrzeby zaleca się nawożenie przedsiwne rzepaku w dawce  $8 \text{ kg Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$ , najlepiej w postaci soli technicznej siarczanu (VI) cynku bądź nawożenie dolistne w dawce  $600 \text{ g Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w postaci 0,5 % roztworu siarczanu (VI) cynku od fazy wzrostu wydłużeniowego pędu głównego do fazy tworzenia łuszczyń.

## Literatura

1. B e n e d y c k a Z.: Bor decyduje o rzepaku. Nowocz. Rol., 1990, **3(7)**: 6-17.
2. B e r g m a n n W.: Bemerkungen und Tabellen zur analytischen Pflanzendiagnose der Pflanzen oder Blattanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1986.
3. B o b r z e c k a D., S a l a m o n i k S.: Zależność między technologią nawożenia miedzią a plonem i zawartością tłuszczu w nasionach podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste, 1997, **18**: 219-225.
4. B o b r z e c k a D., D o m s k a D., S a l a m o n i k S.: Wpływ dolistnego nawożenia miedzią na zawartość tłuszczu w nasionach podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego oraz jakość oleju. Rośl. Oleiste, 1997, **18**: 209-217.
5. B o w s z y s T.: Reakcja rzepaku ozimego 00 na dolistne nawożenie borem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 71-75.
6. C z u b a R.: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**, **1**: 161-170.
7. C u r y ł o T.: Zawartość mikroelementów w burakach i rzepaku jako kryterium potrzeb nawożenia tymi składnikami. Prace Kom. Nauk. PTG., 1987, **99**: 34-43.
8. D ę b o w s k i M., K u c h a r z e w s k i A.: Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 2000, **471(1)**: 627-636.
9. F a b e r A.: Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. IUNG Puławy, 1992, **H(2)**, ss. 81.
10. F i n c k A.: Fertilizers and fertilization. Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach, Florida, Basel, 1982, ss. 438.
11. F i n c k M., S a u e r m a n n W.: Molybdändüngung zu Winterraps. Beiträge zur Düngung von Winterraps. UFOP-Schriften, 1996, **9**: 91-105.
12. G e m b a r z e w s k i H.: Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471(1)**: 171-177.
13. G e r a t h H., B o r c h m a n n W., Z a j o n c I.: Zur Wirkung Mikronährstoffs Bor auf die Ertragsbildung von Winterraps. Arch. Acker-u. Pflanzenbau. Bodenkunde, 1975, **11**: 781-792.
14. G o r l a c h E.: Potencjalne i aktualne możliwości gleby do zaopatrzenia roślin w mikroelementy. Mat. VI Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”, Wrocław, 1991, 15-24.
15. G o r l a c h E., G o r l a c h K., K a r k a n i s M.: Reakcja lucerny i rzepaku na nawożenie molibdenem w glebach o różnej zawartości przyswajalnego molibdenu. Roczn. Glebozn., 1965, **15(2)**: 607-625.
16. G r z e b i s z W.: Dolistne dożywianie roślin mikroelementami. Agrochemia, 1999, 8-10.
17. G r z e b i s z W., G a j R.: Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. Aktualne problemy. AR Poznań, 2000, 83-98.
18. K a b a t a - P e n d i a s A., P e n d i a s H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa, 1999.
19. K a m i ń s k a W., K a r d a s z T., S z y m b o r s k a H.: Skład chemiczny roślin uprawnych i niektórych pasz pochodzenia roślinnego. IUNG Puławy, 1976.
20. K a t y a l J. C., R a n d h a w a N. S.: Micronutrients. FAO Fert. & Plant. Nutr. Bull., 1983, 7.
21. K r u c z y ń s k a H.: Liczby graniczne zawartości mikroelementów w roślinach dla oceny ich wartości paszowej. Nowe Rol., 1985, **9**: 45-47.
22. K r z y m a ń s k i J.: Osiągnięcia i nowe perspektywy prac badawczych nad roślinami olejnymi w Polsce. Post. Nauk Rol., 1993, **5**: 7-14.
23. K u b i ń s k i T.: Rola miedzi i molibdenu w żywieniu zwierząt. Zesz. Nauk. PAN, Człowiek i Środowisko, 1996, **14**: 210-215.
24. M i e l c a r z G., H o w a r d A., P e t e l s k i J.: Stężenie Cu, Zn i cholesterolu w plazmie u 4 populacji o różnej śmiertelności z powodu niewydolności sercowo-naczyniowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **471**: 627-634.

25. Nielsen F. H.: The nutritional importance of boron throughout the life cycle of higher animals and humans. In: Boron in plant and animal nutrition, Goldbach H. E., Rerkasem B., Wimmer M. A., Brown P. H., Thellier M., Bell R. W., Ed.: Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2002, 37-50.
26. Reisenauer H., Walsh L., Hoefl R.: Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. In: Walsh L. and Beaton J. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison/Wisconsin, 1973, 173-200.
27. Ruszkowska M., Łyszcz S.: Wpływ dawek NPK i Cu na plony rzepaku oraz pobieranie miedzi i azotu w warunkach doświadczeń wazonowych. Pam. Puł., 1975, **62**: 229-250.
28. Ruszkowska M., Kusio M., Sykut S.: Wymywanie pierwiastków śladowych z gleby w zależności od rodzaju gleby i nawożenia. Roczn. Glebozn. 1996, **47(1/2)**: 9-20.
29. Rutkowska U. i in.: Wartość odżywcza całodziennych racji pokarmowych odtwarzanych w kilku regionach kraju. Cz. IV. Zawartość cynku, miedzi i manganu. Roczn. PZH, 1991, **44(4)**: 347-359.
30. Rynek rzepaku - stan i perspektywy. IERiGŻ Warszawa, 1996-2006.
31. Schröder G., Falke H.: Zu, Bor - und Molybdändüngungen des Winterrapses. Nach Bedarf düngen. Neue Landwirtschaft, 1992, **4**: 46-47.
32. Shorrocks V. M.: Micronutrient assessment at country level an international study. FAO Soils Bull., 1990, **63**: 20.
33. Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H.: Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól wysokoprodukcyjnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 365-370.
34. Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H.: Badania nad potrzebami nawożenia mikroelementami podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. IUNG Puławy, 1997, **S(81)**: ss 38.
35. Sikora H.: Stan odżywienia rzepaku borem na plantacjach produkcyjnych na podstawie analizy liści. Biul. IHAR, 1985, **157**: 95-98.
36. Stanisławska-Głubiak E.: Analiza wybranych czynników determinujących efekty dolistnego nawożenia molibdenem w uprawie rzepaku ozimego. Monogr. Rozpr. Nauk., rozpr. hab., Puławy, 2003, **7**: ss 71.
37. Szukalski H.: Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL Warszawa, 1979, 320 ss.
38. Zalecenia nawozowe. Praca zbiorowa. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG Puławy, 1985.
39. Żechałko-Czajkowska A.: Mikroelementy w żywieniu człowieka. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”, AR Wrocław, 1992, 20-25.
40. Ye Z., Yang Y.: Effect of trace fertilizers and their combined application on the yield and quality rapeseed. Micronutrients News, 1993, **13**: 18.

Adres do korespondencji:

*dr Ewa Sienkiewicz-Cholewa*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. (071) 363 87 07*  
[u.sienkiewicz@iung.wroclaw.pl](mailto:u.sienkiewicz@iung.wroclaw.pl)

