

Znaczenie mikroelementów w nawożeniu rzepaku

Urszula Sienkiewicz-Cholewa

*Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
50-244 Wrocław, pl. Św. Macieja 5*

Wprowadzenie

Z ogólnej powierzchni uprawy rzepaku na świecie 50% przypada na Chiny i Indie, 21% na Amerykę Północną – Kanadę oraz 16% na Europę [29]. Rzepak uprawia się również w USA, Australii, Etiopii (kapusta abisyńska), Brazylii i Chile. Coraz większe znaczenie gospodarcze zyskuje rzepak w Kanadzie, gdzie nazywany jest „ekonomicznym silnikiem napędowym” rolnictwa, gdyż przy plonach 2 t z ha przynosi większe zyski niż uprawa pszenicy jarej. Wysiewany jest tam wiosną bądź w sezonie poza-wegetacyjnym w listopadzie, gdy temperatura spadnie poniżej 0°C [6]. W latach 90. rzepak zaczęto uprawiać zamiast zbóż na Nizinach Nadbrzeżnych w USA, a w regionach o klimacie cieplejszym – jako plon wtóry po soi, bawełnie, tytoniu i orzeszkach ziemnych [25].

W Europie rzepak jest najważniejszą rośliną oleistą. Nasiona krajowego rzepaku ozimego, uprawianego na powierzchni 470 tys. ha, zawierają ok. 43% tłuszczu, co przy plonie 2,5 t z ha pozwala uzyskać około 1 t oleju o dobrej, uznawanej w świecie jakości [20, 31]. Wysokość plonów nasion uzyskiwanych w Polsce – 2,1 t z ha – znacznie odbiega poziomem od krajów Unii Europejskiej, gdzie wynoszą one średnio 3,1 t z ha [27, 28]. W praktyce jednak rolnicy polscy zbierają około 50% plonu wyznaczonego możliwościami obecnie uprawianych odmian, a 25% plonu teoretycznie możliwego do osiągnięcia [19].

W ostatnim trzydziestoleciu najwięcej uwagi poświęcono hodowli jakościowej rzepaku. Z końcem lat 70. sukcesem zakończyły się prace genetyczne i biochemiczne nad usunięciem z tłuszczu 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 oleju do celów jadalnych [12, 21]. Kolejnym osiągnięciem było poprawienie wartości żywieniowej śrutu 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 $<20 \mu\text{M} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. beztłuszczowej glukozynolanów [12, 23]. Nazywa się je „podwójnie ulepszonymi” czy dwuzerowymi „00”, ponieważ dają one zarówno ulepszony olej spożywczy, jak i ulepszoną śrutę paszową.

Obecnie prace hodowlane zmierzają do uzyskania odmian rzepaku o cieńszej okrywie nasiennej, tzw. potrójnie ulepszonych „000”, co zwiększyłoby znacznie strawność śruty [21, 29]. Znajdujemy się również na progu innego przełomu w hodowli rzepaku, jaki przyniesie wprowadzenie do produkcji odmian mieszańcowych, tzw. mieszańców liniowych, dających o 20–30% wyższe plony od uprawianych obecnie.

Mikroelementy i ich wpływ na rozwój i plonowanie rzepaku

Mikroelementy uczestniczą w biochemicznych procesach przemiany składników w roślinach w czasie wegetacji. Występują one w większości enzymów bądź spełniają rolę ich katalizatorów. Niedobór mikroelementów może zatem zasadniczo zmieniać cechy jakościowe plonu i jednocześnie powodować radykalne ich obniżenie. Prawidłowe zaopatrzenie roślin w mikroelementy jest często utrudnione, ponieważ ich naturalne zasoby w glebach są stopniowo wyczerpywane i pojawia się problem niedoboru tych składników [8]. Deficyt w glebach krajowych dotyczy głównie boru oraz w mniejszych rozmiarach – miedzi i molibdenu [8, 22].

Stosowane pod rzepak wysokie nawożenie podstawowe często nie uwzględnia zapotrzebowania tej rośliny na mikroelementy, co w świetle wyników badań jest jedną z istotnych przyczyn uzyskiwania niskich plonów. Synteza zarówno tłuszczu, jak i białka w rzepaku zachodzi w stosunkowo krótkim okresie wytwarzania nasion i wymaga odpowiedniej aktywności enzymatycznej, uzależnionej 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.

Zapotrzebowanie roślin uprawnych na poszczególne mikroelementy jest uwarunkowane genetycznie. Zalecenia światowej agencji rolnictwa ONZ-FAO [18] informują przede wszystkim o dużej wrażliwości roślin z rodziny *Cruciferae* na niedobory boru i molibdenu oraz średniej na niedostatek w glebie manganu i cynku. Shorrocks [32] na podstawie badań światowych stwierdza również szczególną wrażliwość rzepaku na bor i molibden.

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. Prace te oraz późniejsze, dotyczące odmian podwójnie ulepszonych, koncentrują się głównie na badaniu zawartości mikroelementów w rzepaku

w różnych fazach rozwojowych [7, 37, 38, 39]. Literatura podaje wyniki nielicznych tylko badań nawozowych związanych z ilościowym zapotrzebowaniem rzepaku, głównie na bor i molibden.

Bor. Rzepak, według Fincka [10], w porównaniu z innymi roślinami uprawnymi, wykazuje stosunkowo duże zapotrzebowanie na bor i może pobierać do 500 g B z ha, dorównując pod tym względem burakowi cukrowemu. Średnie pobranie szacuje się natomiast na około 150–200 g z ha [37]. Tak duże potrzeby pokarmowe związane są z funkcjami fizjologicznymi tego mikroelementu, które są dotychczas słabo rozpoznane i mają charakter hipotez. Wiadome jest, że bor bierze udział w procesie podziału i różnicowania się komórek stożków wzrostu łodyg i korzeni i jego niedostatek powoduje zahamowanie wzrostu roślin. Bor jest również niezbędny dla prawidłowego rozwoju generatywnego rzepaku. Niedobór B w roślinach powoduje słabe wykształcenie pyłku kwiatowego i zalążni, bądź w ogóle nie są one wytwarzane. Odpowiednio wysoka zawartość tego składnika w pyłku wpływa na kiełkowanie, wzrost łagiewki pyłkowej i zapłodnienie. Objawami niedoboru boru u rzepaku są więc słabe kwitnienie, opadanie kwiatów i ograniczone wykształcanie nasion.

Rola boru zaznacza się głównie w tych tkankach i częściach roślin, gdzie najintensywniej przebiegają procesy fizjologiczne, tzn. w młodych komórkach. W warunkach niedoboru w glebie odżywianie borem najmłodszych części roślin jest znacznie utrudnione, ponieważ składnik ten nie jest reutilizowany i nie przemieszcza się ze starszych do młodych organów. Prowadzi to do obniżenia plonu i pogorszenia jego jakości [15, 40].

W latach 70. Bergmann stwierdził u odmian tradycyjnych znaczące zwyczajki plonów nasion (2–3 dt z ha) na glebach lekkich i ubogich w bor, po zastosowaniu w polu doglebowo 2 kg B · ha⁻¹ (za Szukalskim [37]).

Gerath i in. [13] dowiedli na podstawie doświadczeń wazonowych, że doglebowe nawożenie rzepaku „00” borem w dawce 1 kg B · ha⁻¹, na glebie piaszczystej o średniej zawartości tego składnika, spowodowało wzrost plonu nasion rzepaku o 2,6 dt z ha w stosunku do obiektu kontrolnego. W doświadczeniach ściśłych polowych, plonotwórczy efekt nawożenia borem wyniósł 5–10% w porównaniu z obiektem bez B. Nastąpił również duży wzrost koncentracji boru w liściach z 29 mg (bez B) do poziomu optymalnego – 52 mg · kg⁻¹ s.m. (optimum wg Bergmanna 30–60 mg · kg⁻¹ s.m. [4]). Późniejsze badania polowe Schrödera i Falke [33] wykazały, że nawożenie tym składnikiem przy niskiej i średniej zasobności gleb w bor podniosło plon nasion rzepaku o 8–18%.

Większość badań krajowych dotyczy kształtowania się zawartości B w roślinach rzepaku w warunkach różnej zasobności gleb w ten składnik. Szukalski [38] stwierdził, że charakterystyczną cechą rzepaku jest stosunkowo wysoka zawartość B, dziesięciokrotnie wyższa niż w ziarnie zbóż, a zbliżona do buraków, lucerny i koniczyny – roślin zaliczanych do grupy o dużym zapotrzebowaniu na ten składnik. W zależności od części roślin waha się ona od 7 do 100 mg · kg⁻¹ s.m. W warunkach dostatecznej za-

sobności gleb w bor, koncentracja tego składnika w korzeniach, całych roślinach i liściach wykazuje tendencje wzrostu aż do okresu kwitnienia. Największa zawartość boru w okresie kwitnienia wynika z dużej ilości tego składnika w pąkach ($44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) i kwiatach ($42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Spośród wszystkich organów i części rośliny najwięcej boru zawiera pyłek kwiatowy ($94,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Najniższą zawartością boru charakteryzują się nasiona i słoma. Jego pobranie przed okresem kwitnienia wynosi zaledwie 20% pobrania całkowitego [39].

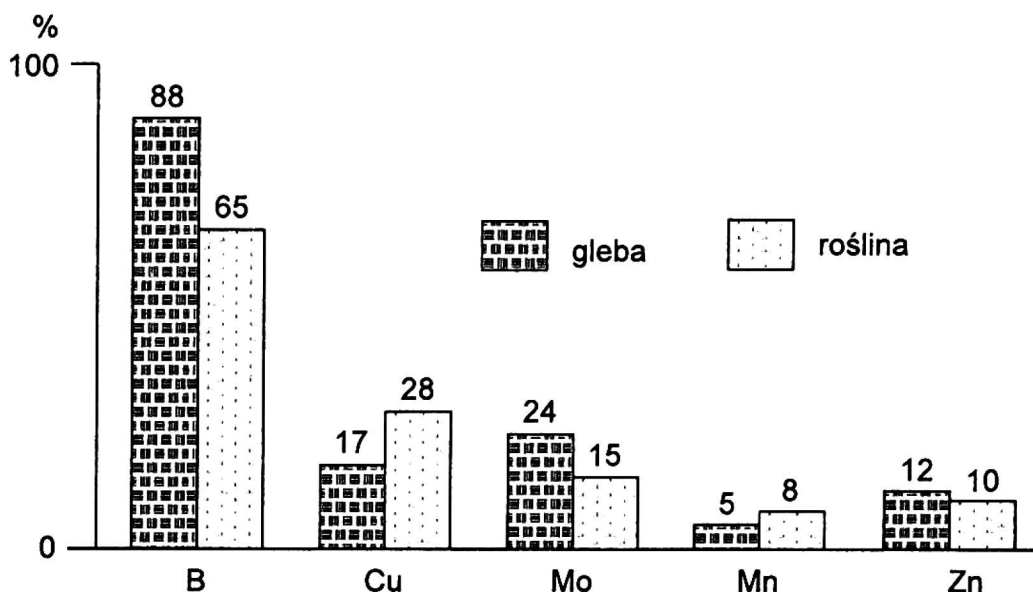
Konieczność nawożenia rzepaku borem Benedycka [1] argumentuje ogólnym pogłębiającym się deficytem tego składnika w glebach krajowych. Twierdzi, że w wyniku niedożywienia roślin tym składnikiem może nastąpić zahamowane tworzenia się owoców i obniżenie plonu nasion nawet o 80%.

Synteza krajowych badań inwentaryzacyjnych OSChR prowadzona w latach 1987–1994 [26] wykazała niską zawartość boru w 75% gleb. Według najnowszych badań [22], gleby charakteryzujące się niedostateczną zawartością boru szacuje się na 79%, co świadczy o istnieniu tendencji do pogłębiania się deficytu tego składnika.

Na początku lat 80. Sikora [36] zbadał stan odżywienia rzepaku borem na 68 plantacjach produkcyjnych na podstawie analizy liści. 84% upraw wykazało niską zawartość boru ($<30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), natomiast silny niedobór ($<20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) charakteryzował 46% roślin.

Rozmiary niedostatku tego składnika w glebach i roślinach potwierdzają badania własne prowadzone w latach 90. na plantacjach produkcyjnych rzepaku [34]. Stwierdzono, że spośród 81 pól rzepaku 65% jest niedostatecznie zaopatrzonych w bor ($<30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), a w wypadku 20% upraw rośliny wykazują skrajnie niskie zawartości tego składnika. Przeprowadzona wycena zawartości boru w glebach, w porównaniu z obowiązującymi liczbami granicznymi [42], wykazała aż 88% pól niedostatecznie zaopatrzonych w ten składnik, z czego ostry deficyt obejmował 40% pól, na których uzyskano najniższe plony (rys. 1). Za ostry niedobór przyjęto zawartości odpowiadające dolnej połowie przedziału zawartości niskiej, wyznaczonej przez liczby graniczne. Z dokonanej wyceny wynika, że potrzeby pokarmowe rzepaku nie były w dostatecznym stopniu pokryte z uwagi na ogólnie niską zasobność gleb w bor przyswajalny. Następstwem tego były niższe plony nasion w porównaniu z plonami uzyskanymi z pól, gdzie rośliny były lepiej zaopatrzone w ten składnik. Zawartość boru w częściach wskaźnikowych rzepaku zwiększała się wyraźnie wraz ze wzrostem poziomu plonów. W liściach z większości pól odnotowano znaczne niedobory boru ($20\text{--}25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) w stosunku do zakresu optymalnego Bergmanna $30\text{--}60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. [4].

W najnowszych badaniach polowych z rzepakiem ozimym Bowszys [3] zastosowała nawożenie dolistne wzrastającymi dawkami boru od $0,4$ do $1,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w warunkach gleb średnich, o niskiej zasobności w B ($0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Najbardziej efektywna była dawka najwyższa, dająca wzrost plonu o $7,1 \text{ dt z ha}$ i najwyższą produkcję tłuszczu surowego – $2,2 \text{ t z ha}$. Istotne plonotwórcze działanie wykazało również nawożenie najniższe B ($0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), zwiększające plon nasion o $3,9 \text{ dt z ha}$.



Rysunek 1. Udział próbek gleb i roślin z pól produkcyjnych rzepaku niedoborowych w poszczególne mikroelementy [%]

Molibden. Znacznie mniej prac w literaturze krajowej i zagranicznej dotyczy potrzeb nawozowych rzepaku ozimego w stosunku do molibdenu. Tisdale i in. [41] wymieniają rzepak jako gatunek bardzo wrażliwy na niedobór tego składnika. Molibden pobierany jest ze średnim plonem rzepaku w ilości około 4 g z ha. Rola molibdenu dla rzepaku polega na jego udziale w metabolizmie związków azotowych (składnik reduktazy azotanowej), prowadzącym do syntezy białek – podstawowego materiału budulcowego roślin [17].

Przyswajalność molibdenu zwiększa się wraz ze wzrostem pH gleby. W warunkach naszego kraju, gdzie blisko 60% areалу stanowią gleby zakwaszone, dostępność tego składnika dla roślin jest ograniczona [26]. Rzekpak, który nie zawsze bywa uprawiany w warunkach uregulowanego, optymalnego odczynu, może niekiedy odczuwać niedostatek tego składnika. Mengel [24] podaje, że przy optymalnym nawożeniu azotowym rzepaku 200–240 kg · ha⁻¹ niedobór molibdenu prowadzi do akumulacji azotanów, zahamowania syntezy białka i osłabienia wzrostu i plonowania roślin.

W Polsce pionierem badań nad reakcją rzepaku na nawożenie Mo był Gorlach, który proponował rzepak jako roślinę testową do oceny zasobności gleb w ten składnik [7]. W latach 60. Gorlach i in. [14], w doświadczeniach wazonowych na 16 glebach o zróżnicowanym odczynie (pH 4,1–7,3) i różnej zawartości Mo (0,05–0,26 mg · kg⁻¹), oceniali wpływ nawożenia molibdenem na plon rzepaku. Istotną reakcję na Mo stwierdzili w 8 wypadkach, w tym silną – na 5 glebach kwaśnych o pH 4,1–5,2. W innych doświadczeniach uzyskali najczęściej powtarzające się zwyżki plonów, po łącznym stosowaniu Mo z innymi mikroelementami (za Szukalskim [37]). Prace te dotyczyły powszechnie uprawianych wówczas tradycyjnych odmian rzepaku.

Stosowanie molibdenu w uprawie rzepaku jest dziś jednym z nowych trendów nawożenia w Niemczech [19]. Finck i Sauermann [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. Wysoką zawartość Mo wykazało 81% pól, natomiast jego niedobór odnotowano na 11 polach. W 6 doświadczeniach uzyskano pod wpływem dawki $1 \text{ kg Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotny wzrost plonów o 0,8 dt z ha, co uzasadniało potrzebę nawożenia rzepaku molibdenem w warunkach jego niedoboru w glebie. Przy wysokiej zasobności w Mo i optymalnym odczynie nawożenie tym składnikiem nie przyniosło efektów plonotwórczych. Schröder i Falke [33] w doświadczeniach polowych z powodzeniem zastosowali kompleksowe nawożenie B i Mo na glebach o niskiej i średniej ich zasobności, uzyskując wysokie zwyczajki plonów nasion 1,4–2,0 dt z ha.

W doświadczeniach własnych polowych [35] po zastosowaniu pod rzepak zoptymalizowanej dawki molibdenu – $0,4 \text{ kg Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$, w warunkach gleb lekko kwaśnych, uzyskano średni 8%, istotny wzrost plonu nasion. Lepsze efekty plonotwórcze – 10% zwyczajki plonu, przyniosło kompleksowe nawożenie rzepaku B i Mo we wspólnej dawce.

Miedź. Rzepak zaliczany jest do gatunków o małej wrażliwości na niedobór miedzi. Szukalski [37] zwraca jednak uwagę na znaczne ilości tego mikroelementu pobierane z plonem rzepaku – około 50 g z ha w okresie od fazy pąkowania do pełni kwitnienia. Miedź wpływa głównie na przebieg reakcji enzymatycznych, aktywując proces lignifikacji oraz oddychania. Jednak szczególnie istotna dla roślin jest rola Cu w syntezie hormonów wzrostu.

Potrzeby nawozowe w stosunku do miedzi nie zostały dotychczas dobrze rozpoznane. W latach 60. badania nad skutecznością nawożenia miedzią rzepaku jarego przy wysokich dawkach NPK, na glebach lżejszych o niskiej zawartości tego mikroelementu prowadziły Ruszkowska i Łyszcz [30]. Przy niższym plonowaniu, po zastosowaniu niższych dawek NPK, nie tylko nie stwierdzono zwyczajki po zastosowaniu miedzi, lecz wystąpił nawet spadek plonu nasion przy najwyższej dawce Cu. Przy wyższych plonach i dawkach NPK zwyczajka plonu sięgała 40%. Według Czuby i in. [9], tendencja do obniżania się zawartości miedzi pod wpływem intensywnego nawożenia NPK uzasadnia potrzebę określenia optymalnej dawki miedzi również dla rzepaku, szczególnie w warunkach ograniczonej przyswajalności tego składnika z punktu widzenia plonowania i zawartości tłuszczu w rzepaku.

Pozytywne efekty nawożenia rzepaku miedzią uzyskali w ostatnich latach Bo-brzecka i Salamonik [2]. Po zastosowaniu optymalnej dawki $10 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$ nastąpił istotny wzrost plonów nasion i zawartości w nich tłuszczu. Na glebie lżejszej zwyczajki dla odmian wynosiły 2 i 7 dt z ha, natomiast na madzie 6 i 4 dt z ha i stanowiły od kilku do kilkunastu procent plonu z obiektu bez Cu. Plonotwórcze działanie miedzi zwiększało istotnie, nawet o kilka procent, dodatek boru.

Niska zawartość miedzi występuje w 36% gleb krajowych [22]. W badaniach własnych nad zaopatrzeniem pól rzepakowych w mikroelementy [34] stwierdzono 28% plantacji źle odżywionych miedzią (rys. 1). Również w większości doświadczeń, po zastosowaniu w polu $8 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$ [35], na glebach czarnoziemnych zasobnych w materię organiczną, zawartość miedzi w liściach ($<5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) okazała się zbyt niska w stosunku do wymagań rzepaku wobec optimum Bergmanna ($5\text{--}12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Stwier-

dzono również pod wpływem miedzi istotny rolniczo wzrost plonów nasion rzepaku o 1,5–5,0 dt z ha (6%).

Cynk i mangan. Przez wielu badaczy na świecie rzepak zaliczany jest do roślin średnio bądź słabo wrażliwych na niedostatek w glebie zarówno manganu, jak i cynku [5, 18, 19, 32]. Pobranie tych składników przez rzepak jest duże i wynosi 530 g Zn i 270 g Mn z ha [37].

Cynk jest aktywatorem enzymów biorących udział w przemianach białkowych. Brak tego składnika w roślinie hamuje syntezę tryptofanu, który z kolei uważany jest za materiał wyjściowy do syntezy regulatorów wzrostu. Jego niedobór obniża poziom auksyn, wpływając hamująco na wzrost roślin i powodując opadanie starszych liści i kwiatów. Mangan bierze udział w fotosyntetycznym wytwarzaniu tlenu, pochodzącego z fotolizy wody (reakcja Hilla). Brak Mn może być powodem zahamowania procesu fotosyntezy.

Zasobność większości gleb Polski w te mikroelementy pokrywa potrzeby pokarmowe rzepaku. Badania inwentaryzacyjne z ostatnich lat [22] wykazały, że około 90% gleb charakteryzuje się wysoką i dostateczną dla roślin zasobnością w cynk i mangan. Potrzeby nawożenia rzepaku uzależnione są więc od stanu zaopatrzenia gleb w przyswajalne formy tych składników. Grzebisz [15] zaleca stosowanie Mn w warunkach niedoboru na glebach przewapnowanych, o pH >6,5 w postaci opryskiwania. W wypadku niskiej zawartości cynku również za wystarczający uważa profilaktyczny oprysk dolistny.

Literatura światowa nie podaje żadnych wyników badań nawozowych dotyczących tego tematu. Jedynie Chińczycy, Ye i Yang [43], 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 badaniach własnych na polach produkcyjnych [34] niedobory cynku i manganu występowały tylko w nielicznych wypadkach i udział gleb o niskiej zasobności w te składniki wynosił <10% (rys.1). Również w doświadczeniach polowych [35], spośród badanych mikroelementów (B, Mo, Cu, Zn, Mn) cynk i mangan wykazały najmniejsze niedobory zarówno w glebach, jak i roślinach. Stwierdzono średnią zasobność gleb w Mn oraz dostateczną jego koncentrację w liściach rzepaku. Podobnie zawartości Zn były dla roślin optymalne i wysokie. Zgodnie z przewidywaniami w żadnym z doświadczeń nie stwierdzono istotnej wyżki plonów pod wpływem nawożenia tymi mikroelementami, a jedynie słabe tendencje wzrostowe.

Podsumowanie

Dobrego plonowania rzepaku można oczekiwać po zaspokojeniu potrzeb roślin nie tylko w stosunku do makro-, ale również do mikroelementów. Nawożenie roślin mikroelementami w warunkach ich niedoboru w glebie wpływa istotnie na zwiększenie plonu nasion rzepaku.

Szczególnie ważne jest zaspokojenie potrzeb pokarmowych rzepaku w stosunku do boru, którego niedostatek powoduje jedną z poważniejszych chorób fizjologicznych rzepaku – zahamowanie tworzenia się owoców. Przy występującym deficycie tego składnika w glebach krajowych konieczne jest włączenie go do nawożenia podstawowego rzepaku.

Rzepak należy uważać również za roślinę o dużej wrażliwości na niedobór molibdenu. Badania światowe wykazały, że efektywne jest stosowanie tego mikroelementu w uprawach rzepaku na glebach zakwaszonych. Istotne zwwyżki plonów można uzyskać również w wyniku kompleksowego nawożenia roślin B i Mo jednocześnie.

Znaczne pobranie oraz wykazana w doświadczeniach reakcja na nawożenie wskazują na określone zapotrzebowanie i pewną wrażliwość rzepaku również na niedostatek miedzi. Można więc zweryfikować panującą opinię, że rzepak reaguje jedynie na nadmiar miedzi. W świetle wyników badań nawożenie rzepaku miedzią wskazane jest na glebach cięższych, bogatych w materię organiczną, gdzie dostępność tego składnika dla roślin jest ograniczona.

Cynk i mangan należy zaliczyć do mikroelementów, na których niedobór rzepak jest mało wrażliwy. W warunkach krajowych uzasadnione jest nawożenie rzepaku manganem na glebach o $\text{pH} > 6$, gdzie jest on niedostępny dla roślin. Zasobność gleb w cynk pokrywa w większości wysokie zapotrzebowanie rzepaku na ten składnik.

Literatura

- [1] Benedycka Z. 1990. Bor decyduje o rzepaku. *Nowoczesne Rolnictwo* R.3, 7: 6–17.
- [2] Bobrzecka D., Salamonik S. 1997. Zależność między technologią nawożenia miedzią a plonem i zawartością tłuszczu w nasionach podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. *Rośliny oleiste, IHAR Poznań*, T. XVIII: 219–225.
- [3] Bowszys T. 1997. Plonotwórczy bor. *Nowoczesne Rolnictwo* R.4, 5: 16–17.
- [4] Bergmann W. 1986. *Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Visuelle und analytische Diagnose*. VEB G. Fisher Verlag, Jena: 306 ss.
- [5] Buchner A., Sturm H. 1980. *Gezielter düngen intensiv-wirtschaftlich-umweltbezogen*. Verlagsunion Agrar Frankfurt a. Main, München, Münster, Wien, Aarau: 315 ss.
- [6] Clayton G., Turkington K., Harker N., O'Donovan J., Johnston A. 2000. High yielding canola production. *Better Crops With Plant Food* 1: 26–27.
- [7] Curyło T. 1987. Zawartość mikroelementów w burakach i rzepaku jako kryterium potrzeb nawożenia tymi składnikami. *Prace Kom. Nauk. PTG* 99: 34–43.
- [8] Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471:161–171.

- [9] Czuba R., Andruszczak E., Szczegodzińska K. 1991. Ocena kierunków zmian zawartości mikroelementów w roślinach uprawnych na dużych dawkach NPK. Mat. VI Symp. Mikroel., Wrocław 1987: 129–131.
- [10] Finck A. 1982. Fertilizers and fertilization. Verlag Chemie. Weinheim, Deerfield Beach, Florida, Basel: 438 ss.
- [11] Finck M., Sauermann W. 1997. Molybdändüngung zu Winterraps. 109 VD LUFA Kongress in Leipzig. Stoff und Energiebilansen in der Landwirtschaft, 199: 244.
- [12] Gołąb W. 1983. Zmienność zawartości kwasów tłuszczowych i glukozyolanów w nasionach ulepszonych odmian rzepaku ozimego w zależności od żywienia roślin. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym. Biuletyn IHAR: 303–311.
- [13] Gerath H., Borchmann W., Zajonc I. 1975. Zur Wirkung Mikronährstoffs Bor auf die Ertragsbildung von Winterraps. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde* 11: 781–792.
- [14] Grolach E., Grolach K., Karkanis M. 1965. Reakcja lucerny i rzepaku na nawożenie molibdenem na glebach o różnej zawartości przyswajalnego molibdenu. *Rocz. Glebozn.* 15(2): 607–625.
- [15] Grzebisz W. 1999. Dolistne dożywianie roślin mikroelementami. *Agrochemia* 6: 8–10.
- [16] Grzebisz W., Gaj R. 2000. Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. Aktualne problemy. Wyd. AR Poznań: 83–98.
- [17] Henkens H. 1972. Molybdenum uptake by beets in Dutch soils. Centre for Agric. Pub. a Document, Agric. Res. Report no 775, Wageningen: 54 ss.
- [18] Katyal J. C., Randhawa N. S. 1983. Micronutrients. FAO Fert. and Plant. Nutr. Bull. 7.
- [19] Kerschberger M., Marks G. 2000. Nichts in Blaue hinein düngen. *Neue Trends in der Düngung* 2: 22–23.
- [20] Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania wartości rzepaku podwójnie ulepszanego. *Post. Nauk. Rol.* 6: 161–166.
- [21] Krzymański J. 1993. Osiągnięcia i nowe perspektywy prac badawczych nad roślinami oleistymi w Polsce. *Post. Nauk Rol.* 5: 7–14.
- [22] Kucharzewski A., Dębowski M. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 627–637.
- [23] Kudła M. 1997. Zagadnienie glukozyolanów w hodowli jakościowej rzepaku. Rośliny oleiste, IHAR Poznań, T. XVIII: 118–134.
- [24] Mengel K., Kirkby E. 1983. Podstawy żywienia roślin. Tłum. z j. ang. PWRiL Warszawa: 527 ss.
- [25] Micronutrient News. 1994. Boron. Canola responds in USA. T. 13, 14: 5.
- [26] Obojski J., Strączyński S. 1995. Odczyn i zasobność gleb Polski w makro- i mikroelementy, IUNG Puławy: 40 ss.
- [27] Plonowanie zbóż i rzepaku. 2000. *Aktualności rolnicze* 2: 118.
- [28] Roczniki Statystyczne. Wyd. GUS Warszawa, 1990–2000.
- [29] Rotkiewicz D., Zadernowski M. 1997. Obłuskiwanie nasion rzepaku. Rośliny oleiste, T. XVIII 2: 493–503.
- [30] Ruszkowska M., Łyszcz S. 1975. Wpływ dawek NPK i Cu na plony oraz pobieranie miedzi i azotu w warunkach doświadczeń wazonowych. *Pam. Puł.* 62: 229–250.
- [31] Rynek rzepaku – stan i perspektywy. 1999, 16: 1–6.
- [32] Shorrocks V. M. 1990. Micronutrient assessment at country level an international study. *FAO Soils Bulletin* 63: 19–20.
- [33] Schröder G., Falke H. 1992. Zu Bor- und Molybdändüngungs des Winterrapses. Nach Bedarf düngen. *Neue Landwirtschaft* 4: 46–47.

- [34] Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H. 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól wysokoprodukcyjnych. *Mat. VIII Symp. Mikroel. w roln. Wrocław. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 434: 365–370.
- [35] Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H. 1997. Badania nad potrzebami nawożenia mikroelementami podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. *IUNG Puławy, S(81):* 36 ss.
- [36] Sikora H. 1985. Stan odżywienia rzepaku borem na plantacjach produkcyjnych na podstawie analizy liści. *Biuletyn IHAR* 157: 95–98.
- [37] Szukalski H. 1973. Mikroelementy w produkcji roślinnej, PWRiL Warszawa: 320 ss.
- [38] Szukalski H. 1985. Stosowanie boru w uprawie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. *Biuletyn IHAR* 156:, 147–170.
- [39] Szukalski H., Sikora H. 1981. Zawartość boru w roślinach rzepaku w okresie wegetacji. *Biul. IHAR* 146: 129–134.
- [40] Szukalski H., Sikora H. 1985. Wpływ dolistnego i doglebowego stosowania boru na jego zawartość w roślinach i na plon rzepaku. *Biuletyn IHAR* 157: 87–93.
- [41] Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. 1985. Molybdenum. *Soil fertility and fertilizers*. Fourth ed. Macmillan Pub. Co New York, Colier Macmillan Pub. London: 378–381.
- [42] Zalecenia nawozowe. 1985. Cz.I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG Puławy, seria P: 44 ss.
- [43] Ye Z., Yang Y. 1993. Effect of trace fertilizers and their combined application on the yield and quality rapeseed. *Micronutrients News*, T. 13: 18.

Importance of micronutrients in rape fertilization

Key words: rape, micronutrients, fertilization needs

Summary

In practice the heavy macronutrient fertilization is usually applied for rape while the micronutrient application is not a routine procedure. Covering of rape requirement for boron is especially important, considering its influence on generative organs' formation, developing of siliques and seeds. Boron deficiency leads to decrease of seed yield even by 80%. At commonly occurring B deficiencies in domestic soils, boron fertilizer application to rape appears to be necessary. It is also important to consider the rape as a Mo-sensitive plant. The effectiveness of molybdenum application for rape has been stated in investigations, on acid soils, with low Mo availability for plants. Stated significant response of rape seed yield to copper fertilization and its considerable uptake with yield, indicate also some sensitivity of the crop to Cu deficiencies. Copper application is advisable procedure on heavier soils, rich in organic matter, where Cu availability for plants is limited. On the soils showing pH >6,5 the supply of manganese is also justified. High Zn nutritional needs of rape are covered by domestic soil resources.