

Urszula Sienkiewicz-Cholewa

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, ZTURiN Jelcz – Laskowice

Znaczenie boru i miedzi w uprawie rzepaku w kraju

The importance of boron and copper for rapeseed cultivation in Poland

Słowa kluczowe: rzepak, bor, miedź, niedobór, zawartość w glebie, zawartość w roślinie, nawożenie

Średnie plony nasion rzepaku w kraju (około 2 t z ha) są stosunkowo niskie w porównaniu do UE, gdzie ich wielkość przekracza 3,2 t z ha. Warunkiem wysokiego plonowania rzepaku jest zapewnienie roślinom optymalnego poziomu składników pokarmowych. Osiąganie wysokich plonów roślin powoduje stopniowe wyczerpywanie z gleb m.in. mikroelementów, którymi nie nawozi się systematycznie. W kraju 79% użytków rolnych wykazuje niedostateczną dla roślin zasobność w bor, a 39% — niska zawartość miedzi. Niedobór tych składników pogłębia się powodując ograniczenie plonowania roślin.

Badania plantacji produkcyjnych rzepaku w kraju, prowadzone przez IUNG, wykazały deficyt boru w glebach z 88% pól. Niski poziom tego składnika wykazywały rośliny z 65% plantacji. Najniższe plony rzepaku (1,2–2,5 t·ha⁻¹) pochodziły z pól, gdzie stwierdzono ostry niedobór boru. Zawartość tego składnika w roślinach wzrastała w miarę zwiększania się plonów nasion. Jednak nawet w grupie plonów najwyższych (3,3–5,0 t·ha⁻¹) jego koncentracja w liściach była zbyt niska w stosunku do potrzeb roślin. Niedobory miedzi stwierdzono w glebach z 17% plantacji, natomiast 28% roślin było niedożywionych w ten składnik.

W doświadczeniach ścisłych, pod wpływem doglebowego nawożenia rzepaku borem w dawce 2 kg B·ha⁻¹, miedzią w dawce 8 kg Cu·ha⁻¹ i B + Cu łącznie uzyskano istotne zwwyżki plonów nasion w granicach 6–9%.

Key words: rape, boron, copper, deficiency, content in plant, content in soil, fertilization

Average yield of rape in Poland, about 2 t/ha, is rather low in comparison with EU, where it exceeds 3.2 t/ha. High yield of rape requires optimal level of nutrients. High yields cause gradual depletion of micronutrients in soil which are not supplied systematically. In Poland 79% agricultural soils show insufficient concentration of boron and 39% insufficient concentration of copper for plants. Deficiency of these nutrients deepens and contributes to yield decrease.

The investigation of rape fields in Poland, conducted by IUNG revealed boron deficiency in soil from 88% of the tested fields. Additionally, plants from 65% plantations showed low level concentration of this nutrient. The lowest rape yield came from fields where B deficiency was very high. Boron concentration in rape plants increased with the increasing level of yield. However, even in a group of the highest yield (3.3–5.0 t·ha⁻¹), B concentration in leaves was too low in relation to plant requirements. Copper deficiency was found in soils from 17% plantations, and 28% plants showed copper undernutrition. Copper concentration in rape seeds was too low.

In field trials where rape was fertilized with boron (2 kg B·ha⁻¹), copper (8 kg Cu·ha⁻¹), and B+Cu together, the 6–9% significant yield increase was found.

Wstęp

Średnie plony rzepaku w Polsce rzędu $2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ są znacznie niższe od uzyskiwanych w krajach UE — $3,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i stanowią jedynie około 60% plonu możliwego do osiągnięcia w warunkach glebowo-klimatycznych naszego kraju. Plony w granicach $4\text{--}5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ pozwala osiągnąć dopiero zastosowanie pełnego, zbilansowanego nawożenia rzepaku wszystkimi składnikami pokarmowymi (Wielebski 2000). Już w latach 70. analiza liści rzepaku wykazała zbyt niską dla roślin zawartość boru na 80% badanych plantacji krajowych (Sikora 1985). W latach 90. niedobory boru występowały powszechnie nawet u pszenicy ozimej i jęczmienia jarego — stwierdzono 70% niedożywionych plantacji, co jest novum zważywszy, że zapotrzebowanie roślin zbożowych na ten składnik jest kilkakrotnie mniejsze niż dwuliściennych (Wróbel i Obojski 1998, Gembarzewski 2000, Wróbel 2000). Badania stanu zasobności gleb Polski w składniki pokarmowe z ostatnich lat (Dębowski i Kucharzewski 2000) świadczą o postępującym wyczerpywaniu z gleb głównie boru i miedzi, którymi nie nawozi się systematycznie. Niedobory boru stwierdzono na 79% gleb w kraju, a niskie zawartości miedzi — na 39% gleb.

Rzepak wykazuje stosunkowo duże zapotrzebowanie na bor, który warunkuje prawidłowy rozwój generatywny roślin, wykształcanie kwiatów nasion i łuszczyń. Średnie pobranie boru wynosi około 150 g B z ha , ale przy wysokich plonach może sięgać 500 g B z ha dorównując pod tym względem burakowi cukrowemu (Finck 1982, Shorrocks 1990). Konsekwencją niedożywienia roślin borem może być zahamowanie tworzenia się owoców i zredukowanie plonu nasion nawet do 20% (Benedycka 1990). Potrzeby pokarmowe rzepaku w stosunku do miedzi ($10 \text{ g Cu na } 1 \text{ t plonu}$) zbliżone są do zbóż (Szukalski 1987). Wyniki nielicznych doświadczeń ścisłych dowodzą jednak, że w warunkach niedoboru nawożenie miedzią istotnie wpływa na wzrost plonowania oraz zwiększenie zawartości tłuszczu w nasionach.

Material i metody

W SD Baborówko przeprowadzono doświadczenia wazonowe, którego celem była wstępna ocena skuteczności nawożenia rzepaku borem, na glebach z niedoborem tego składnika, lekkich, o zróżnicowanym pH. Rośliną testową mógł być tylko rzepak jary, który w obsadzie 10 roślin w wazonie o pojemności 6 kg uprawiano do zbioru nasion. Na tle nawożenia podstawowego NPK i Mg stosowano doglebowo bor w formie kwasu borowego w dawce $2 \text{ mg B}\cdot\text{kg}^{-1}$, co w przybliżeniu odpowiadało $5 \text{ kg B}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dla określenia wpływu pH gleby na wielkość plonów uwzględniono również wariant wapnowania wazonów wg 1 Hh.

W latach 90., przy współpracy z okręgowymi stacjami chemiczno-rolniczymi, badano pola produkcyjne rzepaku ozimego w kraju. W próbkach gleb z 81 plan-

tacji oznaczono — oprócz pH, składu granulometrycznego i zawartości makroelementów — również przyswajalne formy boru i miedzi w 1 mol HCl/dm³. Materiał roślinny do analiz zawartości wymienionych składników pokarmowych stanowiły części wskaźnikowe rzepaku — liście w okresie ich pełnego rozwoju oraz nasiona. Zawartość składników w glebach wyceniano na podstawie liczb granicznych opracowanych w IUNG (Zalecenia nawozowe 2000). Kryterium oceny zaopatrzenia roślin m.in. w B i Cu stanowiły wyniki analiz liści, które odnoszono do zawartości optymalnych według Bergmanna (Bergmann i Neubert 1976). Zawartości stwierdzone w nasionach porównywano ze średnimi krajowymi z lat wcześniejszych (Kamińska i in. 1976).

W SD Baborówko, RZD Dobrogostów, Werbkowice oraz ODR Sielinko przeprowadzono ściśle doświadczenia polowe (9 doświadczeń jednorocznych) z rzepakiem ozimym odmian podwójnie ulepszonych. Na tle nawożenia podstawowego NPK, stosowano doglebowo, przedsięwzięcie nawożenia borem i miedzią w postaci soli technicznych w dawkach optymalnych dla rzepaku według schematu:

- obiekt 1. 0 — bez B i Cu,
- obiekt 2. B — 2 kg/ha,
- obiekt 3. Cu — 8 kg/ha,
- obiekt 4. B + Cu łącznie — w dawkach jak wyżej.

Do doświadczeń wybrano gleby zróżnicowane, w dobrej kulturze, o optymalnym dla rzepaku lekko kwaśnym i obojętnym odczynie (pH 5,5–6,7). Były to gleby w większości czarnoziemne, średnie i ciężkie, kl. IIIa i IIIb

Wyniki badań i dyskusja

Plonowanie rzepaku nawożonego borem w doświadczeniu wazonowym

W doświadczeniu wegetacyjnym skuteczność nawożenia rzepaku borem oraz wapnowania testowano na 10 glebach, z których 6 wykazywało odczyn kwaśny pH 3,5–5,3, a pozostałe lekko kwaśny pH 5,3–6,5 (tab. 1). Były to gleby piaszczyste zawierające do 16% części sflawialnych, o niskiej i średniej zawartości boru przyswajalnego dla roślin. Jak można było się spodziewać plony nasion rzepaku w wazonach wzrastały systematycznie w miarę wzrostu pH podłoża glebowych. W dwóch przypadkach z powodu bardzo dużego zakwaszenia — gleba 1 i 4, plonu nasion nie zebrano w ogóle. Przy odczynie odpowiednim dla tego gatunku 5,6–6,8 (gleba 7, 8, 9, 10) uzyskane plony nasion były 3-, a nawet 4-krotnie wyższe od wyrosłych na odczynie bardzo kwaśnym (gleba 2 i 3). Nawożenie gleb kwaśnych borem, mimo istniejących niedoborów nie wpłynęło istotnie na wzrost plonów, ponieważ zbyt niskie pH było czynnikiem skutecznie hamującym wzrost i rozwój roślin. Potwierdziła to duża skuteczność zastosowanego wapnowania, powodująca

udowodniony statystycznie wzrost plonów. Istotny wpływ boru na wielkość plonu rzepaku (obiekt B) stwierdzono natomiast na glebach o pH optymalnym dla rzepaku (6, 7, 8 i 9), mimo średniej ich zasobności w bor. Wapnowanie takich gleb było zbędne.

Tabela 1

Plony rzepaku jarego w zależności od pH gleb — *Rapeseed yields in relation to pH*

Gleba — Soil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
pH w KCl	3,5	4,4	4,4	4,4	4,7	5,3	5,6	6,1	6,2	6,8	
B mg·kg ⁻¹	0,55 ⁿ	0,65 ⁿ	0,65 ⁿ	0,70 ⁿ	0,65 ⁿ	1,05 ⁿ	1,15 ^s	0,95 ^s	1,55 ^s	2,6 ^s	
Plon Yield [g/waz.]	0 (K)	0	6,3 ^a	6,8 ^a	0	9,4 ^a	13,5 ^a	14,0 ^a	22,8 ^a	25,7 ^a	25,1 ^a
	B	0	7,7 ^a	8,6 ^a	0	10,0 ^a	15,3 ^b	21,7 ^b	25,7 ^b	28,3 ^b	25,0 ^a
	Ca 1 Hh	14,8	20,2 ^b	22,0 ^b	21,2	23,9 ^b	14,1 ^a	22,5 ^b	22,3 ^a	23,6 ^a	24,9 ^a

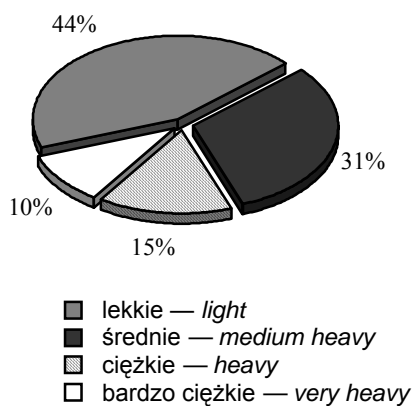
* Wartości oznaczone inną literą różnią się od siebie istotnie

The numbers marked with the same letter are not significantly different:

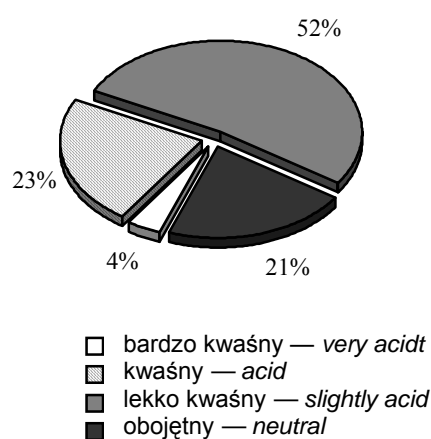
n — zawartość niska, s — zawartość średnia

Ocena stanu odżywienia plantacji rzepaku borem i miedzią

Ponad 70% gleb z plantacji wykazywało optymalny dla rzepaku, lekko kwaśny i obojętny odczyn. Średnie pH dla całej populacji prób glebowych wynosiło 5,9. W większości rzepak uprawiany był glebach lekkich i średnich.



Rys. 1. Kategoria agronomiczna
Agronomic category



Rys. 2. Odczyn gleb — *Soil reaction*

Plony w zakresie 1,2–5,0 t·ha⁻¹ pod względem wysokości podzielono na 3 grupy o podobnej liczebności. Pola, na których uzyskiwano plony najniższe (grupa I) wykazywały głównie odczyn kwaśny (50% gleb), który ograniczał wzrost i rozwój roślin (tab. 2). Plony wyższe (grupa II i III) uzyskiwano na glebach lekko kwaśnych i obojętnych. Zwiększanie się plonów w kolejnych grupach wynikało ze wzrostu pH i zawartości części spławialnych w glebach. Średnia zawartość boru w glebach z pól, niezależnie od wysokości plonów, we wszystkich grupach była niska. Według liczb granicznych zawartość dostateczna dla gleb lekko kwaśnych (pH 4,6–6,5) wynosi 1,3–4,4 mg B·ha⁻¹. Zwiększaniu plonów rzepaku w grupach towarzyszył również wzrost zasobności gleb w bor — kolejno 0,62 – 0,69 – 0,95 mg B·kg⁻¹. Plony nasion wykazywały tendencję wzrostową również przy wyższej zawartości miedzi. Nieco niższą zasobność w miedź stwierdzono na polach o największych plonach, co może być wynikiem wyczerpywania tego składnika z gleb przez wysokoplonujące rośliny.

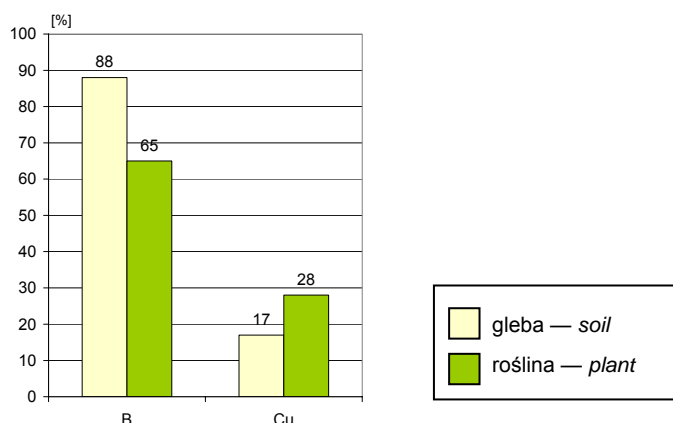
Tabela 2

Właściwości gleb, zawartość boru (B) i miedzi (C) według poziomu plonów
Soil characteristics, B and Cu content acc. to yielding level

Poziom plonów <i>Yielding level</i> [t·ha ⁻¹]	pH w — in KCl	Frakcja gleby <i>Soil fraction</i> < 0,002 mm(%)	Zawartość — <i>Content</i> [mg/kg]	
			B	Cu
I 1,2–2,5	5,5	21	0,62	2,4
II 2,6–3,2	5,9	24	0,69	2,9
III 3,3–5,0	6,1	28	0,95	2,8

Wycena zawartości boru i miedzi w glebach z plantacji w oparciu o obowiązujące 3-stopniowe liczby graniczne dla zawartości niskiej, średniej i wysokiej (Zalecenia nawozowe 2000), wykazała że 88% pól cechowała niska zawartość boru (rys. 3). Ostry niedobór tego składnika — bardzo niska zawartość (poniżej 50% granicznej zawartości średniej) obejmował 40% gleb. Na tych polach uzyskiwano najniższe plony rzepaku I i II grupy. Udział gleb o niskiej zasobności w miedź był mniejszy i wynosił 17%.

Występujący powszechnie niedobór boru w glebach odzwierciedlił się w roślinach — 65% próbek liści wykazało niski poziom tego składnika w porównaniu z zakresem optymalnym Bergmanna (rys. 3). W liściach rzepaku pochodzących z 28% plantacji stwierdzono również niedostateczną koncentrację miedzi w stosunku do wymagań roślin.



Rys. 3. Udział próbek gleb i roślin z niedoborem boru (B) i miedzi (Cu) w % — *Percentage of soil and plant deficient in B and Cu*

Zwraca uwagę stosunkowo wysoki wskaźnik pól z niedoborem boru, przy przewadze gleb średnich i ciężkich, a więc w warunkach dobrej przyswajalności tego składnika dla roślin. W częściach wskaźnikowych — liściach, odzwierciedlających stan zaopatrzenia gleb w przyswajalne formy składników, stwierdzono ogólnie lepsze zaopatrzenie w bor. Sugeruje to, że obowiązujące liczby graniczne do wyceny zawartości boru w glebach, dostosowane do potrzeb buraka cukrowego, są nieco zawyżone w stosunku do wymagań rzepaku. W tym przypadku, aby niedobory w glebach i roślinach były na podobnym poziomie, liczby graniczne dla rzepaku należałoby obniżyć o 30%.

Tabela 3

Zawartość boru (B) i miedzi (Cu) u w liściach i nasionach wg poziomu plonów
B and Cu content in leaves and in seeds according to yielding level

Poziom plonów <i>Yielding level</i>	Liście — <i>Leaves</i>		Nasiona — <i>Seeds</i>	
	B	Cu	B	Cu
	mg·kg ⁻¹ s.m./DW		% s.m./DW	
I	19,9	5,8	9,5	2,7
II	25,5	6,2	9,5	2,7
III	30,7	5,1	11,0	3,2
Optimum wg — <i>acc. to Bergmann</i>	30–60	5–12	–	–
Średnie — <i>Average 1966–71</i>	–	–	9,8	3,1

Wraz ze wzrostem poziomu plonów zawartość boru w liściach wyraźnie zwiększała się, przy czym w I i II grupie plonów występował jego znaczny niedobór w stosunku do optimum Bergmanna (tab. 3). W liściach roślin plonujących najgorzej koncentracja boru była o 50% niższa od stwierdzonej u rzepaku z pół grupy III (19,9 wobec 30 mg·kg⁻¹ s.m.), czym można tłumaczyć ich słabszy rozwój. Koncentracja miedzi w tych częściach roślin zbliżona była do dolnej granicy zawartości dostatecznej.

Zawartość boru w nasionach była wyraźnie wyższa u rzepaku o największych plonach. W nasionach rzepaku plonującego słabiej (poziom i II), stwierdzona koncentracja 9,5 mg·kg⁻¹ była nieco niższa w porównaniu do średniej krajowej — 9,8 mg·kg⁻¹. Również zawartość miedzi była najwyższa w nasionach pochodzących z pół najlepiej plonujących — 3,2 mg·kg⁻¹ wobec 2,7 mg·kg⁻¹ w plonach najniższych i była zbliżona do średniej krajowej.

Efekty nawożenia rzepaku borem i miedzią w doświadczeniach polowych

Wycena zasobności gleb doświadczalnych wykazała we wszystkich przypadkach, za wyjątkiem jednego (I rok Baborówko), niedobór boru oraz średnią i wysoką zasobność gleb w miedź (tab. 4).

W częściach wskaźnikowych — liściach, mimo deficytu w glebach, w 5 doświadczeniach stwierdzono optymalną zawartość boru a niską tylko w dwóch przypadkach. Koncentracja miedzi w liściach natomiast w większości prób była niedostateczna.

Tabela 4

Liczba doświadczeń o określonej zawartości boru (B) i miedzi (Cu) w glebie i liściach
Amount of trials with definite B and Cu content in soil and leaves

Zawartość Content	Gleba — Soil		Liście — Leaves	
	B	Cu	B	Cu
Niska — Low	8 (3) *	—	2	4
Średnia (dostateczna) — Average (sufficient)	1 (6) *	6	2	3
Wysoka — High	—	3	3	—

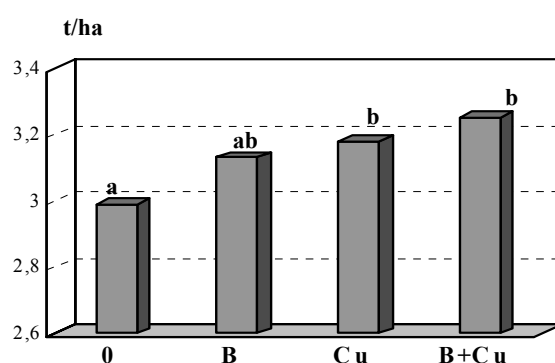
* po korekcie — *acc. to corrected*

Ze względu na znaczne rozbieżności między zasobnością gleb w bor a jego koncentracją w roślinie, podobnie jak w badaniach plantacji produkcyjnych, potwierdza się celowość wprowadzenia dla rzepaku korekty do liczb granicznych. Po obniżeniu ich o 30% zaopatrzenie gleb w bor okazało się dostateczne w sześciu

doświadczeniach, czym można tłumaczyć brak wyraźnej reakcji rzepaku na nawożenie tym składnikiem.

Jako miernik zapotrzebowania rzepaku ozimego na bor i miedź przyjęto wpływ nawożenia tymi mikroelementami na poziom plonów. W sześciu doświadczeniach wystąpiły istotne statystycznie wyższe plony — w trzech przypadkach pod wpływem nawożenia samą miedzią, a w pięciu po łącznym nawożeniu borem i miedzią. Nawożenie borem nie powodowało istotnego zwiększenia plonów w doświadczeniach. Uzyskane wyższe plony były znaczne, jednak nieudowodnione statystycznie.

W syntezie plonów z doświadczeń istotną 6% wyższą plonów uzyskano na obiekcie, gdzie zastosowano nawożenie miedzią. Pod wpływem jednoczesnego nawożenia miedzią i borem plony zwiększyły się istotnie o 9% (rys. 4).



Rys. 4. Średnie plony rzepaku z doświadczeń (synteza wyników) — *Mean yields of rape seed from experiments (average of experiments).*

Wzrost plonów nasion rzepaku pod wpływem nawożenia miedzią jest zjawiskiem nowym, ponieważ gatunek ten znany był dotychczas jedynie z wrażliwości na nadmiar tego składnika. Jednak także we wcześniejszych badaniach (Bobrzecka i Salamonik 1997) uzyskano w warunkach polowych istotną, kilkunastoprocentową wyższą plon nasion rzepaku pod wpływem nawożenia miedzią. Podobnie, efektywność działania miedzi nawet o kilka procent zwiększała dodatek boru.

W nasionach badanych rzepaków zawartość boru była korzystniejsza w porównaniu do średniej krajowej ($11,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ wobec $9,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Zawartość miedzi — $2,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ była niższa od średniej krajowej — $3,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i ze względu na jakość paszy zbyt niska od koncentracji wymaganej w makuchach (Kruczyńska 1985).

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wskazują na znaczny wpływ boru i miedzi na wielkość i jakość plonów rzepaku ozimego.
2. Przy postępującym deficycie boru w glebach, w celu zwiększenia opłacalności uprawy rzepaku zachodzi konieczność systematycznego nawożenia tym składnikiem.
3. Zalecać należy również nawożenie rzepaku miedzią, szczególnie na glebach cięższych o większej zawartości materii organicznej, na których dostępność miedzi dla roślin jest ograniczona.
4. Przy szacowaniu zawartości boru w glebach, dla potrzeb rzepaku należałoby posługiwać się odpowiednio skorygowanymi liczbami granicznymi.

Literatura

- Benedycka Z. 1990. Bor decyduje o rzepaku. *Nowoczesne rolnictwo*, 3 (7): 6-17.
- Bergmann W., Neubert P. 1976. *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bobrzecka D., Salamonik S. 1997. Zależność między technologią nawożenia miedzią a plonem i zawartością tłuszczu w nasionach podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVIII (1): 219-225.
- Dębowski M., Kucharzewski A. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 471, 1: 627-636.
- Finck A. 1982. *Fertilizers and fertilization*. Verlag Chemie. Weinheim, Deerfield Beach, Florida, Basel, 438 ss.
- Gembarzewski H. 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 171-180.
- Kamińska W., Kardasz T., Szymborska H. 1976. *Skład chemiczny roślin uprawnych i niektórych pasz pochodzenia roślinnego*. Wyd. IUNG Puławy.
- Kruczyńska H. 1985. Liczby graniczne zawartości mikroelementów w roślinach dla oceny ich wartości paszowej. *Nowe Rol.*, 9: 45-47.
- Shorrocks V.M. 1990. Micronutrient assessment at country level an international study. *FAO Soils Bulletin*, 63: 20.
- Sikora H. 1985. Stan odżywienia rzepaku borem na plantacjach produkcyjnych na podstawie analizy liści. *Biuletyn IHAR*, 157.
- Szukalski H. 1987. Die Ausprüche vom Winterraps auf makro- und mikroelemente. *7 International Rapeseed Congress, Poland. Proceeding*, 3: 676-681.
- Wielebski F. 2000. Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce. *Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy*. Poznań: 261-276.

- Wróbel S., Obojski J. 1998. Zawartość mikroelementów w glebie i roślinach jęczmienia jarego z pól o wysokiej produktywności. Roczn. AR Poznań, CCCVII, Roln. 52: 129-135.
- Wróbel S. 2000. Wpływ wieloletniego produkcyjnego użytkowania pól uprawnych na zaopatrzenie gleb i pszenicy jarej w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 427: 619-626.
- Zalecenia nawozowe. 2000. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG Puławy.