

## **Potrzeby nawożenia borem roślin uprawnych w Polsce**

*Stanisław Wróbel, Urszula Sienkiewicz-Cholewa*

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

**Słowa kluczowe:** bor – nawożenie, dostępność w glebie, rola w roślinie, deficyt, oznaczanie

Od czasu, gdy Brandenburg w 1931 roku wykazał niezbędność boru dla buraka cukrowego, zagadnienie nawożenia roślin uprawnych borem często pojawia się w pracach z zakresu chemii rolnej. Zmiany zawartości boru w glebie i w roślinach są zazwyczaj pozytywnie skorelowane z poziomem uzyskiwanych plonów, wskazując na plonotwórczą rolę tego mikroelementu [21, 51]. Rośliny jednoliścienne zawierają wyraźnie niższe zawartości boru od dwuliściennych, w związku z tym występują duże różnice w wymaganiach pokarmowych i potrzebach nawozowych różnych grup roślin uprawnych. Tak więc zboża, zawierające kilka  $\text{mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy, są znacznie mniej wrażliwe na niskie zawartości boru w glebie od lucerny czy buraka cukrowego, które cechuje wysoka zawartość tego pierwiastka (kilkadziesiąt  $\text{mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.) oraz duże wymagania pokarmowe.

Spośród roślin uprawnych, oprócz buraka cukrowego i pastewnego oraz motylkowych drobnonasiennych, do roślin o wysokich wymaganiach pokarmowych w odniesieniu do boru zaliczyć należy również słonecznik, rzepak, len, mak, rzepę, brukiew, łubin i gorczycę oraz takie warzywa, jak burak ćwikłowy, seler, kalafior, brokuł, kapusta, rzodkiewka, szpinak, szparag, kalarepa czy pomidor. Duże wymagania względem boru dotyczą również jabłoni, winorośli i róży. Kolejną grupę roślin o nieco mniejszej wrażliwości na niedobory boru stanowią takie rośliny, jak kukurydza, ziemniak, tytoń czy gryka. Ich wymagania pokarmowe roślin w stosunku do boru są jednak dość duże, z uwagi na wytwarzaną znaczną masę plonów.

Tolerancja na nadmiar boru jest również znacznie zróżnicowana wśród roślin, przy czym, oprócz roślin o małych potrzebach pokarmowych w odniesieniu do boru (np. zboża), na jego nadmiary negatywnie reagują także niektóre rośliny o większych potrzebach (np. konopie, słonecznik, bobik, bób, soja, fasola, ogórek, seler, pomidor).

Dużą tolerancją na nadmiar B cechują się natomiast buraki, lucerna, gorczyca, kapusta, a także niektóre trawy [27].

Do czynników powodujących największe nasilenie deficytu boru w uprawach zaliczyć należy suszę i duże nasłonecznienie, zwapnowanie lub irygację wodami alkalicznymi gleb kwaśnych oraz przedplony o wysokim pobraniu boru.

Zarówno w badaniach krajowych, jak i zagranicznych bor przedstawiany jest jako jeden z najbardziej deficytowych składników pokarmowych roślin [13, 14, 21, 23, 52, 54]. W opinii niektórych badaczy [37], niedostatki boru w rolnictwie występują w skali globalnej z większą częstotliwością i dotyczą większej liczby gatunków roślin uprawnych niż niedobory innych składników. Najnowsza ocena zaopatrzenia gleb krajowych w mikroelementy, wykonana przez Stację Chemiczno-Rolniczą we Wrocławiu [17], określa niedobory B rozpuszczalnego w 1 mol HCl · dm<sup>-3</sup> na poziomie 79% przebadanych 101 521 próbek z warstwy 0–20 cm gleb użytków rolnych z terenu całego kraju.

Pomimo stwierdzanych deficytów boru glebowego, często brak jest ich odzwierciedlenia w składzie chemicznym roślin oraz reakcji na nawożenie borem [43, 53]. Z drugiej strony jednak, nawet odpowiednio zaopatrzone w bor rośliny pozytywnie reagują na jego stosowanie [50, 53]. Stwarza to wątpliwości co do poprawności użytych testów na zawartość boru w glebie i w roślinie oraz często uniemożliwia prognozowanie potrzeb nawożenia tym składnikiem [54].

**Burak cukrowy.** Spośród najważniejszych gospodarczo roślin uprawnych burak cukrowy cechuje najwyższe zapotrzebowanie na bor. Wymagania pokarmowe tej rośliny w stosunku do boru są kilkunastokrotnie wyższe niż wymagania zbóż [13, 48]. Przeciętne pobranie boru przez plony buraka cukrowego na poziomie 30–50 t · ha<sup>-1</sup> korzeni (+ liście) kształtuje się na poziomie 600–1000 g · ha<sup>-1</sup> [13, 51]. Stockfish i Koch [47] wykazali w doświadczeniach, że niedostatki boru w środowisku glebowym obniżają plony korzeni buraka cukrowego i zwiększają zawartość w nich substancji melasotwórczych, w wyniku czego plony cukru technologicznego mogą ulegać zmniejszeniu nawet o 20%.

Celem rozpoznania stanu zaopatrzenia gleb i roślin buraka cukrowego w składniki pokarmowe, Wróbel i Obojski [52] przeprowadzili badania na 115 polach produkcyjnych z terenu całego kraju. Badania te wykazały występowanie niedoborów boru (rozpuszczalnego w 1 mol HCl · dm<sup>-3</sup>) w glebie z częstotliwością 82,6% pól. Deficytorem dostępnych form boru w glebie odpowiadało 60,2% upraw, które cechowała niedostateczna w świetle kryteriów Bergmanna [6] zawartość boru w częściach wskaźnikowych buraka, którymi były blaszki liściowe pobrane ze środkowej rozety w okresie od 25.06. do 15.07. Za zbyt niską zawartość boru w buraku przyjmowano wartości niższe od dolnej granicy zakresu optymalnego, określonego przez Bergmanna na 40–100 mg B · kg<sup>-1</sup> suchej masy. Wzrost poziomu plonowania korzeni buraka na badanych polach produkcyjnych następował wraz ze wzrostem zawartości boru w tkankach roślin, wskazując na jego plonotwórcze działanie. Sytuacja ta potwierdza potrzeby nawożenia borem

buraka cukrowego, zwłaszcza w warunkach upraw intensywnych, na polach o wysokiej produktywności.

Doświadczenia nad nawożeniem buraka cukrowego borem podejmowano już w latach 60. W okresie 1968–1970 doświadczalnictwo terenowe IUNG wykonało 27 takich doświadczeń na różnych typach gleb kompleksów pszennych. Średnia zwyżka plonu korzeni wynikająca z zastosowania boru w tych doświadczeniach wyniosła 6,2% [48]. W okresie późniejszym do ważniejszych badań w tej tematyce zaliczyć należy badania Szukalskiego [48], który na glebie o pH 6,7 już pod wpływem dawki  $0,8 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  uzyskał zwyżkę plonów korzeni o 8,6 t z 1 ha, a dawka  $3,2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  spowodowała przyrost plonu aż o 14,8 t z 1 ha. Potwierdziły to późniejsze badania Fabera [19], który nawożąc borem w dawkach 1, 2 i  $4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  uzyskał zwyżki plonów korzeni w zakresie 2,8–6,4 t z 1 ha, tj. od 7,2 do 16,3% w stosunku do obiektu bez nawożenia borem. W innych badaniach, przeprowadzonych przez Benedycką i in. [5] w typowym zmianowaniu czteropolowym, dawkę  $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  określono jako najbardziej efektywną (10,2 jednostek zbożowych na 1 kg boru). Również badania Krauze i in. [32] wykazały, że w czteroletnim zmianowaniu dawka  $1 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  zastosowana przedsięwnie pod buraki spowodowała istotny przyrost plonów cukru. Jednak nawet dawka  $4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  nie zapewniała właściwego poziomu odżywienia roślin buraka borem. Domska [18] pod wpływem dolistnego stosowania boru łącznie z magnezem uzyskała nie tylko zwyżki plonów korzeni, lecz również biologicznego i technologicznego plonu cukru do  $2,55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Autorka ta stwierdziła również, że dolistne stosowanie boru ograniczało nagromadzenie azotanów w końcowym etapie wzrostu buraka, co umożliwiało wykorzystanie liści w żywieniu zwierząt.

W latach 1991–1997 Wróbel [51] przeprowadził doświadczenia z nawożeniem buraka cukrowego borem w dawce  $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , na tle nawożenia obornikiem w dawce  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , oraz w uprawie bezobornikowej. W 50% doświadczeń z obornikiem oraz w 75% doświadczeń z nawożeniem wyłącznie mineralnym pod wpływem stosowania boru wystąpiły w tych doświadczeniach istotne statystycznie przyrosty plonów korzeni buraka. Zwyżki te w uprawie na oborniku wahały się w zakresie 5,7%–8,3%, w uprawie bezobornikowej 6,4%–15,8% w stosunku do obiektu kontrolnego.

Niezależnie od wpływu na plonowanie korzeni i liści buraka, zastosowany bor korzystnie oddziaływał również na zawartość cukru w korzeniach (wzrost średnio o 0,3%), w rezultacie czego plony cukru zwiększały się o  $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , gdy stosowano obornik, oraz o  $0,95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  – w uprawie bez nawożenia organicznego. Efekty takie stwierdzone w doświadczeniach często w warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w bor wskazują na większe wymagania pokarmowe mieszańcowych odmian buraka cukrowego. Narzuca to potrzebę podwyższenia o około  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  granic zawartości optymalnej boru w częściach wskaźnikowych buraka wg Bergmanna [6].

**Ziemniak.** Gatunek ten cechuje średnia wrażliwość na niedostateczną zawartość boru w glebie. Pobranie tego składnika z przeciętnym plonem wynosi około  $170 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ , lecz w przypadku plonów o 50% wyższych od średniej krajowej dochodzić może do

260 g · ha<sup>-1</sup> [6]. Optymalna zawartość boru określona przez Bergmanna [6] wynosić powinna 25–70 mg B · kg<sup>-1</sup> suchej masy części wskaźnikowych (liści ziemniaka pobranych na początku fazy kwitnienia). Przeciętna zawartość boru w bulwach ziemniaka określona przez IUNG jako średnia dla kraju w latach 1966–1971 [28] wyniosła 5,8 mg B · kg<sup>-1</sup> suchej masy. W nowszych badaniach z końca lat 70. zawartość tę określa się natomiast na 9 mg B · kg<sup>-1</sup> suchej masy [33].

W ramach programu badań rozpoznawczych IUNG na polach produkcyjnych przeanalizowano 122 uprawy tej rośliny. Plony bulw z tych pól wahały się w granicach 15–50 t · ha<sup>-1</sup>, przy średniej geometrycznej ogólnej – 24,3 t · ha<sup>-1</sup>. Wycena wyników analiz próbek gleby i części wskaźnikowych wykazała występowanie deficytu boru w 91% próbek gleby oraz 50% próbek części wskaźnikowych. Prześledzenie zmian koncentracji boru w glebie i częściach wskaźnikowych wykazało dodatnią zależność pomiędzy tą cechą a wysokością plonowania. Zależność ta potwierdzona została obecnością boru w uzyskanym równaniu regresji wielokrotnej, ujmującej wskaźniki żyzności gleby w odniesieniu do poziomu plonowania bulw jako zmiennej zależnej „y”. Zawartość boru w bulwach ziemniaka (6,3–7,8 mg B · kg<sup>-1</sup> suchej masy) nie wykazywała ukierunkowanych zmian w zależności od poziomu plonów i była nieco wyższa w porównaniu z danymi z lat sześćdziesiątych [24]. Plony z tego okresu były jednak niskie i uprawiano wówczas inne odmiany ziemniaka. Toteż porównanie z takimi danymi z lat 70. wypadło już niekorzystnie, świadcząc o niedostatecznym zapotrzeniu w bor tak ważnego z żywieniowego punktu widzenia produktu rolnego.

**Rzepak ozimy.** Uzyskiwanie niskich plonów rzepaku w naszym kraju związane jest z niepełnym rozeznaniem jego potrzeb pokarmowych w stosunku do mikroelementów. Większość prac na świecie związanych z tym zagadnieniem skupiało się głównie na badaniu ich zawartości w roślinie i dotyczyło odmian tradycyjnych rzepaku ozimego. Literatura podaje wyniki tylko nielicznych badań nawozowych związanych z ilościowym zapotrzebowaniem rzepaku głównie na bor i molibden.

Zalecenia światowej agencji ds. rolnictwa ONZ-FAO [29] informują o dużej wrażliwości roślin z rodziny *Cruciferae* na niedobory boru. Opinię tę potwierdza Shorrocks [41] 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 [20] może on pobierać od 100 do 500 g B z ha, dorównując niekiedy pod tym względem burakowi cukrowemu. Szukalski [48] stwierdził, że charakterystyczną cechą tego gatunku jest stosunkowo wysoka zawartość B w nasionach, dziesięciokrotnie wyższa niż w ziarnie zbóż.

Duże potrzeby pokarmowe rzepaku w stosunku do boru związane są z wpływem tego składnika na tworzenie się organów generatywnych, zapłodnienie, wykształcanie kwiatów, nasion i łuszczyń [9, 48]. Koncentracja boru w roślinach, w warunkach dostatecznej zasobności gleb, wzrasta aż do fazy kwitnienia, w której jego pobranie

jest największe i osiąga 80% całkowitego. Konsekwencją niedożywienia roślin borem może być zahamowanie tworzenia się owoców i obniżenie plonu nasion do 20% szacowanej wysokości [1]. Dostateczna dla roślin zawartość boru w częściach wskaźnikowych – liściach rzepaku w okresie pełnego ich rozwoju, powinna wynosić wg Bergmanna  $30\text{--}60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. [6].

W latach 70. Bergmann (za Szukalskim [48]) stwierdził u uprawianych wówczas odmian tradycyjnych rzepaku ozimego znaczące zwyczajki plonów nasion ( $2\text{--}3 \text{ dt z ha}$ ), po zastosowaniu w polu doglebowo  $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , na glebach lekkich i ubogich w bor. Gerath i in. [25], na podstawie doświadczeń wazonowych z rzepakiem podwójnie ulepszonym, dowiedli, że nawożenie borem już w dawce  $1 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , przy średniej zawartości tego składnika w glebie, powodowało wzrost plonu nasion rzepaku o  $2,6 \text{ dt z ha}$  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 zwyczajki plonu o  $5\text{--}10\%$ . Wzrost plonowania związany był ze zwiększeniem zawartości boru w liściach z  $29 \text{ mg}$  na obiekcie kontrolnym, do poziomu optymalnego –  $52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. W doświadczeniach polowych z ostatnich lat Schröder i Falke [40] pod wpływem nawożenia borem, przy niskiej i średniej zasobności gleb, osiągnęli zwyczajki plonów nasion rzepaku o  $8\text{--}18\%$ . W podobnych warunkach duży wzrost plonowania uzyskała Bowszys [9] po zastosowaniu nawożenia dolistnego dawkami boru zwiększającymi się od  $0,4$  do  $1,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Najbardziej efektywne działanie wykazała dawka najwyższa, na której uzyskano zwyczajkę plonu o  $7,1 \text{ dt z ha}$  oraz największą produkcję tłuszczu surowego –  $2,2 \text{ t z ha}$ . Istotne plonotwórcze działanie wykazało również nawożenie najniższe B ( $0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), zwiększając plon nasion o  $3,9 \text{ dt z ha}$ .

Na początku lat 80. Sikora [45] zbadał – na podstawie analizy liści – stan odżywienia rzepaku ozimego borem na 68 plantacjach produkcyjnych. Niską zawartość boru ( $<30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.) wykazywały rośliny z 84% pól, natomiast silny niedobór tego składnika ( $<20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.) charakteryzował aż 46% prób.

Na podstawie wyników badań rozpoznawczych, przeprowadzonych w latach 1987–1990, Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski [42] stwierdzili w glebach z 81 pól produkcyjnych rzepaku w kraju występowanie ogólnego deficytu boru. Do określenia głębokości niedoborów posłużyli się indeksami zasobności gleb w bor, wyrażającymi stosunek aktualnej i krytycznej zawartości składnika (wg liczb granicznych IUNG [55]), przyjętej za 100%. Niedostateczną dla roślin zasobność w B wykazało 88% badanych pól, dla których uzyskane indeksy były niższe od 100 ( $\text{ind B} < 100$ ), natomiast ostry niedobór ( $\text{ind B} < 50$ ) stwierdzono w 40% gleb, głównie z pól, gdzie uzyskano najniższe plony rzepaku:  $1,2\text{--}2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . 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 wg Bergmanna. 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  $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.). Zawartość tego składnika w częściach wskaźnikowych roślin zaledwie osiągała dostateczny poziom (średnio  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m) na polach o najwyższej produktywności ( $3,3\text{--}5,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Wyższa koncentracja boru występująca zarówno w glebach, jak i w liściach rzepaku z pól o najwyższych plonach zapewniała również optymalną zawartość boru w nasionach.

W 4-letnich doświadczeniach polowych w latach 90. Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski [43] uzyskali jedynie tendencje wyższego plonowania roślin pod wpływem doglebowego nawożenia rzepaku ozimego borem, mimo że w 8 z 9 kompleksów glebowych stwierdzono niską jego zawartość. Występująca jednak w 6. doświadczeniach optymalna koncentracja boru w częściach wskaźnikowych świadczyła o dostatecznym zaopatrzeniu rzepaku w ten składnik. W związku z występującą niezgodnością, zasobność gleb w bor na potrzeby 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.

**Rzepak jary** plonuje na poziomie 66% wzorca odmian ozimych, w związku z tym jego potrzeby pokarmowe w stosunku do boru są odpowiednio mniejsze [12]. W czasie krótkiego okresu wegetacji pobieranie jonów boranowych przez rzepak jary może dotkliwie ograniczać nie tylko deficyt jego przyswajalnej formy w glebie, ale i jego niedostatek w okresie pąkowania i kwitnienia. W tej sytuacji stosowanie boru, zwłaszcza w nawożeniu odmian jarych, może decydować o jego plonie i jakości.

Nawożenie dolistne i doglebowe borem w dawkach odpowiednio  $0,4$  i  $4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w 2-letnich doświadczeniach ścisłych Bowszys i Krauze [11] z ostatnich lat, spowodowało istotny wzrost plonu nasion o  $0,2$  i  $0,26 \text{ t z ha}$  (8 i 12%) w stosunku do obiektu kontrolnego. Mimo wysokiej zasobności gleb w B, dostateczne zawartości tego mikroelementu w liściach rzepaku, tj.  $36\text{--}47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., stwierdzono dopiero po zastosowaniu oprysku dolistnego w fazie pąkowania. Pobranie boru przez rośliny przy średnim plonie  $2,6 \text{ t z ha}$  wynosiło około  $100 \text{ g z ha}$ , co świadczy o dużych wymaganiach pokarmowych również jarej formy rzepaku.

**Zboża.** Zawartość boru w roślinach zbożowych nie przekracza zazwyczaj  $10 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$ , a pobranie tego mikroelementu  $70 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  [13]. Dotychczasowe poglądy na temat potrzeb nawożenia zbóż borem nie są jednoznaczne. W literaturze podręcznikowej przeważa pogląd o niecelowości, a nawet szkodliwości nawożenia zbóż tym mikroskładnikiem [12]. Coraz częściej jednak wyniki badań wskazują na negatywne skutki niedostatecznego zaopatrzenia zbóż w bor [15, 21], jak też na pozytywne efekty jego stosowania w uprawach roślin zbożowych [2, 3, 19, 44, 46, 53]. Można to wiązać z takimi czynnikami, jak wprowadzanie nowych wysokoprodukcyjnych odmian zbóż [2, 3], intensyfikacja płodozmianów [14, 41, 51, 54], rozszerzanie uprawy gatunków o większych wymaganiach pokarmowych (pszenica, jęczmień) na gleby słabsze, brak nawożenia organicznego itp. Nie bez znaczenia jest również bar-

dzo dobra rozpuszczalność boru – jest on zatem łatwo wymywany z gleb, zwłaszcza o luźnej strukturze [39]. W glebach zwięzłych natomiast, o dużej zawartości frakcji ilastych oraz substancji organicznej, bor jest mocno sorbowany i trudno dostępny dla roślin [27, 48]. Tak więc deficyt boru, ograniczający możliwości plonowania zbóż, może wystąpić na różnych glebach.

Już w latach siedemdziesiątych Gupta [26] w Kanadzie i Sikora [44] w Polsce stwierdzili korzystne działanie nawożenia borem na plonowanie i zawartość tego mikroelementu w zbożach, przy czym efekt tego nawożenia był lepszy przy szerszym stosunku Ca : B w roślinach. W ostatnich latach pojawiło się na świecie i w kraju wiele prac dokumentujących pozytywny wpływ nawożenia zbóż borem [15, 19, 46].

Badania nad stanem zaopatrzenia krajowych upraw produkcyjnych w bor, przeprowadzone w IUNG w latach 1989–1994, obejmowały łącznie 561 pól produkcyjnych.

**Pszenica ozima.** Badania przeprowadzono na 200 polach pszenicy ozimej. Plony ziarna wahały się w zakresie  $2,7\text{--}8,2\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (średnia geometryczna  $4,82\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Wykazano, że 94% tych pól charakteryzowało się niską zawartością boru dostępnego w glebie. Natomiast części wskaźnikowe pszenicy z 69% pól odznaczały się zawartością tego składnika niższą od dolnej granicy zakresu optymalnego. Stwierdzono wzrost zawartości boru w częściach wskaźnikowych i ziarnie pszenicy wraz ze wzrostem poziomu plonowania ziarna [24].

**Pszenica jara.** Przebadano 61 pól pszenicy jarej, której plonowanie kształtowało się w zakresie  $2,0\text{--}7,0\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (średnia geometryczna  $3,9\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Stwierdzono niedobory boru rozpuszczalnego w  $1\text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-1}$ , w warstwie ornej pól, występujące z częstotliwością 93% oraz niedostateczne zaopatrzenie roślin w bor ( $<6\text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) na 78% badanych pól. Wyższe plony ziarna pszenicy jarej uzyskiwano na glebach lepiej zaopatrzonych w bor, co potwierdzone zostało uzyskanym równaniem regresji wielokrotnej. Plony te cechował jednak istotny statystycznie spadek zawartości boru, wskazujący na tzw. efekt rozcieńczenia tego składnika [50].

**Pszenżyto.** Badania przeprowadzono na 60 polach produkcyjnych. Plony wahały się w granicach  $1,8\text{--}6,1\text{ t ziarna} \cdot \text{ha}^{-1}$ , przy średniej geometrycznej  $3,9\text{ t ziarna} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Zidentyfikowano 83% gleb i 74% roślin niedostatecznie zaopatrzonych w bor. Stwierdzone spadki zawartości boru w grupie plonów wyższych oraz niskie zawartości tego pierwiastka w ziarnie wskazują na niedostateczne zaopatrzenie tej grupy plonów pszenżyta w bor [23].

**Żyto.** Zebrano dane z 61 pól. Plony ziarna mieściły się w zakresie  $2,0\text{--}4,1\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (średnia  $3,14\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Udział próbek gleby o niskiej zawartości boru wynosił 90,2%, a roślin (części wskaźnikowe – optimum  $6\text{--}12\text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) – 50,9%. Te wyniki oraz ujęte w równaniu regresji wielokrotnej zawartości boru w glebie, wyliczone w odniesieniu do poziomu plonowania jako zmiennej zależnej „y”, wskazują na plonotwórcze działanie tego mikroelementu. Podobnie jak w uprawach pszenicy jarej i pszenżyta, wyższe plony żyta cechował efekt rozcieńczenia boru, wskazujący na niedostateczne zaopatrzenie w bor [22].

**Jęczmień jary.** Przebadano 105 kontrolnych pól produkcyjnych jęczmienia jarego z terenu 35 byłych województw. Znaczne zróżnicowanie poziomu plonów ( $2,8\text{--}6,3\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; średnia geometryczna  $4,2\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) umożliwiło prześledzenie zmian zawartości boru w roślinach na tle plonowania. Stwierdzono wzrost plonowania wraz z poprawą zasobności gleby i zaopatrzenia roślin w okresie wegetacji w bor, co znalazło potwierdzenie w wyliczonym równaniu regresji wielokrotnej. W ziarnie ujawnił się natomiast efekt rozcieńczenia boru. Wycena ogólna zaopatrzenia gleb i roślin w badany mikroelement wykazała 91,4% gleb oraz 68,4% roślin niedostatecznie zaopatrzonych w bor (o zawartości  $<6\text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) [53].

**Owies.** Do badań wytypowano 75 pól produkcyjnych owsa, na których stwierdzano plony w zakresie  $2,5\text{--}5,5\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (średnia geometryczna  $3,68\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Stwierdzono, że 90,7% gleb z warstwy ornej badanych pól cechowały niedoborowe zawartości boru. Odpowiednio, rośliny z 62,1% pól wykazywały niskie zawartości tego pierwiastka. Większe plony ziarna o wyższej zawartości boru uzyskiwano na polach bardziej zasobnych w bor. Zależność ta znalazła potwierdzenie w równaniu regresji wielokrotnej, uwzględniającej wyniki analizy roślinnej w odniesieniu do plonów ziarna jako zmiennej zależnej [49].

Badania na polach produkcyjnych zbóż wykazały bardzo dużą częstotliwość występowania gleb ubogich w bor (przekraczającą 90% badanych upraw). Wynik ten nie został jednak w pełni potwierdzony analizą roślinną – częstotliwość występowania pól z roślinami o niskiej zawartości boru była mniejsza. Sugerowało to celowość sprawdzenia, na ile niedostatki te wynikały z faktycznych braków boru w środowisku glebowym oraz w jakim stopniu mogły być wykazywane wskutek zbyt rygorystycznej kalibracji testu glebowego. Niezależnie jednak od skali stwierdzanych niedoborów, powszechność występowania deficytu boru w glebach oraz niskich zawartości tego pierwiastka w roślinach stawia pod znakiem zapytania dotychczasowy pogląd o braku potrzeby nawożenia zbóż borem i wskazuje na potrzebę bardziej szczegółowych badań w tym zakresie. Potwierdzeniem są wyższe koncentracje boru wykazywane w większych plonach, co bez wątplenia wskazuje na plonotwórczy wpływ tego mikrośladnika.

Jak wynika z badań Benedyckiej i Kozikowskiego [2, 3], reakcja plonów jęczmienia jarego na nawożenie doglebowe borem w dawkach do  $4\text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w ścisłych doświadczeniach polowych, zależała od odmiany. Nawożenie borem wpływało stymulująco na akumulację azotu w roślinach. Stwierdzono synergistyczne oddziaływanie boru i magnezu na plonowanie jęczmienia. Również Faber [19] uzyskał zwyżki plonów ziarna pszenicy ozimej uprawianej w zmianowaniu, w czwartym roku po zastosowaniu pod buraki cukrowe boru w dawkach 1 kg, 2 kg i  $4\text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Badania przeprowadzone przez Wróbla i in. [54] w latach 1999–2001 obejmowały m.in. doświadczenia ścisłe polowe, w których testowano reakcję pszenicy ozimej, pszenżyta ozimego, jęczmienia jarego oraz owsa na nawożenie borem. W doświadczeniach uzyskano zwyżki plonów ziarna zbóż pod wpływem nawożenia borem



w zakresie od 3,7% (pszenżyto) do 20,3% (owies). Najwyższe ze stosowanych w doświadczeniach dawek boru ( $2,4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  – doglebowo i  $0,340 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  dolistnie) tylko w pojedynczych wypadkach spowodowały spadki plonowania. Znacznie częściej efekt działania tych, wysokich jak dla zbóż, dawek był korzystny zarówno pod względem plonotwórczym, jak i wzbogacającym rośliny w bor. Nie stwierdzono wizualnych objawów nadmiaru boru na zbożach, we wszystkich latach prowadzenia badań, na obiektach z najwyższymi dawkami boru, chociaż objawy takie notowano na odmianach starszych generacji, nawet w efekcie następczego działania boru. Wyniki te przemawiają za wyższymi od powszechnie podawanych w literaturze wymaganiami pokarmowymi intensywnych odmian zbóż nowej generacji w odniesieniu do boru.

**Kukurydza.** Zagadnienie celowości nawożenia kukurydzy mikroelementami nie jest jeszcze na świecie dokładnie zbadane. Potrzeby pokarmowe tego gatunku rozpatrywane są głównie pod kątem cynku, na którego niedobór wykazuje on szczególną wrażliwość. Literatura podaje, że gatunek ten cechuje średnia wrażliwość na niedostatek boru [29]. Potrzeby pokarmowe kukurydzy względem boru są dwukrotnie większe niż innych roślin zbożowych. Szacuje się, że przy średnich plonach pobiera ona  $40 \text{ g boru z ha}$ , co odpowiada około  $10 \text{ g boru na 1 tonę ziarna}$ . Kukurydza uprawiana na kiszonkę, z przeciętnym plonem zielonej masy  $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , pobiera około  $210 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$ , natomiast przy plonach o 50% wyższych –  $320 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$  [13, 33]. W literaturze światowej spotkać można jedynie pojedyncze prace na temat nawożenia kukurydzy borem. Dotyczą one na ogół pozytywnego działania następczego boru w uprawie kukurydzy na kiszonkę, rzadziej bezpośredniego wpływu tego składnika na plonowanie ziarna.

W cytowanych wcześniej badaniach Faber [19] uzyskał 10-procentowy przyrost plonu zielonki kukurydzy pod wpływem działania następczego boru zastosowanego pod buraki (przedplon) w dawce  $4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Benedycka i in. [4, 5] uzyskali istotny wzrost plonu kukurydzy w drugim roku po zastosowaniu takiej samej dawki boru. Efektywność następczego wpływu tego składnika na plonowanie kukurydzy potwierdzają badania Krauze i in. [32], w których średni plon ziarna w 2 i 3 roku po zastosowaniu boru pod buraki wzrósł o  $1,4 \text{ t z 1 ha}$ .

Obszerne badania dotyczące nawożenia kukurydzy mikroelementami – w tym również borem, przeprowadzili w latach 1988–1994 Korzeniowska i Gembarzewski [31]. Badania rozpoznawcze pól kukurydzy w kraju (62 stanowiska), oparte na analizie części wskaźnikowych – liści kolbowych kukurydzy, wykazały w większości dobre zaopatrzenie roślin w bor ( $3\text{--}35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ), w porównaniu do zakresu optymalnego Bergmanna ( $6\text{--}15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ) [7]. W 33% próbek stwierdzono jednak niedostateczną zawartości tego składnika dla roślin [30].

Korzeniowska [30] w badaniach prowadzonych na polach WOPR stwierdziła w glebach z 45 pól stosunkowo niską ogólną zasobność w bor – średni indeks  $B = 51$  (indeks o wartości  $<100\%$  wyraża poziom niedoborowy składnika). Wyliczone rów-

nia regresji wykazały, że czynnikami mającymi największy wpływ na plon kontrolny kukurydzy były pH gleb i ich zasobność w bor.

O znacznym wpływie stosowania boru ( $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) na wielkość uzyskiwanego plonowania świadczą również wyniki doświadczeń ściśłych [31], z zastosowaniem bezpośredniego nawożenia kukurydzy mikroelementami. Z sześciu przeprowadzonych doświadczeń w 4 wypadkach, zarówno na glebach o niskiej, jak i dostatecznej zasobności w bor, rośliny zareagowały istotną wyższą plonów od 11 do 30% w stosunku do obiektu kontrolnego. Potwierdziły to doświadczenia wazonowe, gdzie wobec niskiej zawartości B w podłożu również wystąpiła dodatnia reakcja kukurydzy na nawożenie tym składnikiem (wzrost plonu o 27%) [30].

**Inne rośliny uprawne.** Duże zapotrzebowanie na bor wykazują również rośliny motylkowe i w pobieraniu tego mikroelementu dorównują burakom. Bor spełnia ważną rolę w procesie wiązania azotu atmosferycznego, co według Ruszkowskiej [38] wiąże się z dużym zapotrzebowaniem na ten mikroelement lucerny i koniczyny, u których symbiotyczne wiązanie azotu jest najbardziej wydajne z uwagi na wytwarzanie dużej masy nadziemnej. Przy plonach 50–60 t zielonej masy z 1 ha (10–15 t suchej masy) pobranie boru przez te rośliny można szacować na około  $350 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  [13, 33]. Nawożenie tym składnikiem zwiększa głównie plony nasion, natomiast rzadko wpływa istotnie na zwiększenie masy części wegetatywnych, o czym świadczą wyniki badań prowadzonych już w latach pięćdziesiątych, cytowane przez Szukalskiego [48]. Pod wpływem nawożenia dawką  $1\text{--}2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  uzyskane przyrosty plonów wynosiły około  $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  s.m. Nawożenie borem uzasadnione jest zatem na plantacjach nasiennych roślin motylkowych, gdzie zwiększa ono nie tylko plon, ale i koncentrację tego składnika w nasionach, wpływając korzystnie na zdolność kiełkowania i wschody roślin. Zagadnienie celowości nawożenia roślin motylkowych borem nie jest jednak dokładnie rozpoznane i wymaga dodatkowych badań.

W ostatnich latach w kraju coraz większe zainteresowanie wzbudzają tzw. rośliny alternatywne, użytkowane niekonwencjonalnie. Na skalę techniczną uprawiany jest m.in. szarłat uprawny (*Amaranthus cruentus* L.). Ze względu na dużą produkcję wartościowej biomasy (do  $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i wysoką zawartość białka w nasionach, przez wielu autorów zaliczany jest do roślin o perspektywnie dużym znaczeniu w gospodarce żywnościowej świata [34].

W Polsce prowadzone są z szarłatem badania nawozowe, dotyczące także efektywności stosowania mikroelementów. Wyniki doświadczeń polowych Bobrzeckiej i in. [7] wskazują na istotne działanie plonotwórcze boru, który przy dawce  $4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  zwiększał plon zielonki średnio o 15,7%. Bowszys [10] w 3-letnich badaniach polowych potwierdziła korzystny wpływ nawożenia borem na plonowanie szarłatu. Istotny wzrost plonu nasion o  $0,2 \text{ t}$  z 1 ha uzyskano już po zastosowaniu dawki  $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Podwojenie dawki spowodowało dalszą istotną wyższą plonu o  $0,05 \text{ t}$  z 1 ha. Stwierdzona wysoka zawartość boru w liściach ( $85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.) oraz w nasionach ( $21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.) świadczy o dobrym odżywieniu roślin tym mikroelementem.

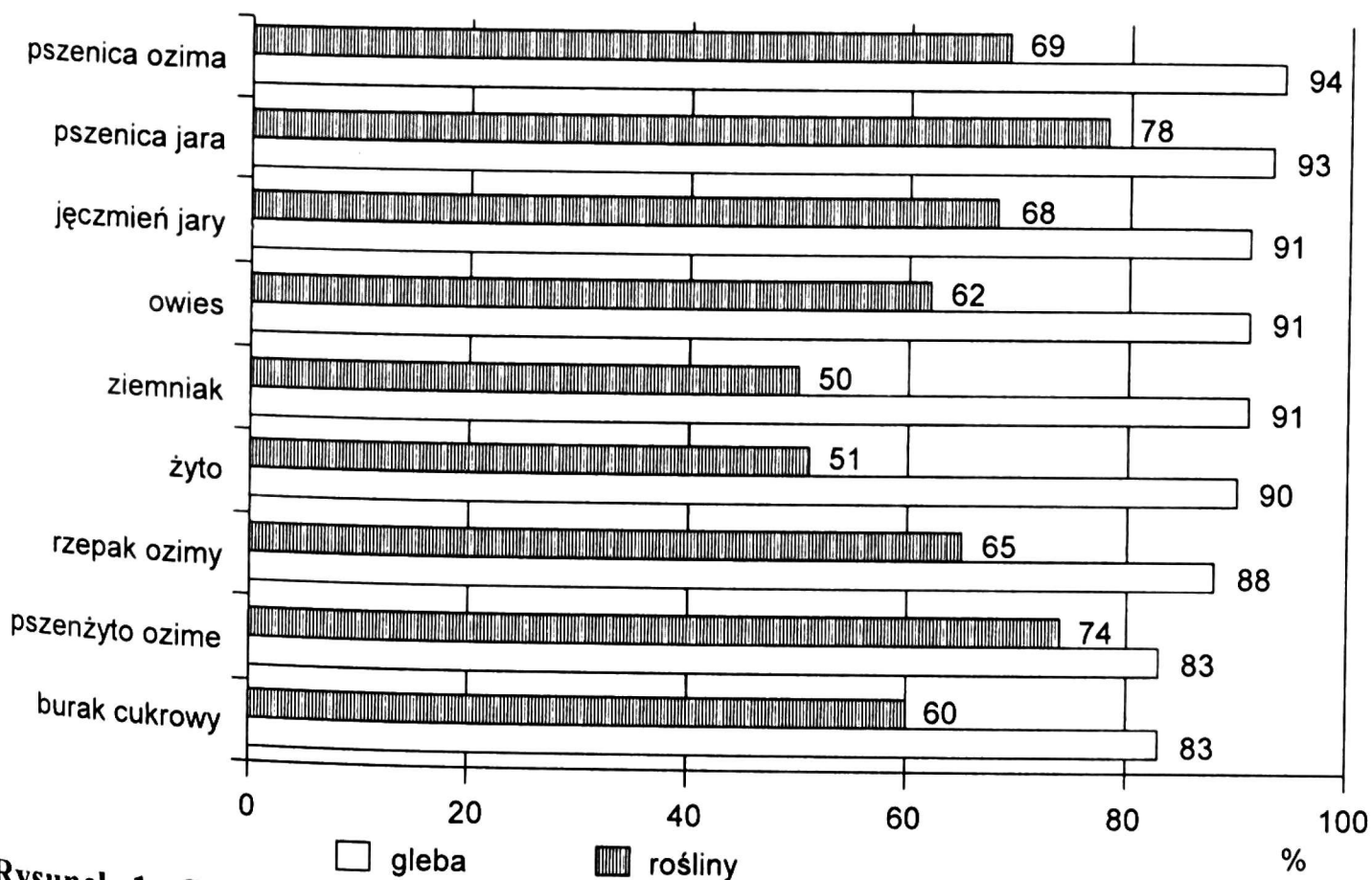
## Podsumowanie

W badaniach nad zaopatrzeniem w składniki pokarmowe głównych roślin uprawnych przeprowadzonych przez IUNG na krajowych polach produkcyjnych stwierdzano dużą częstotliwość występowania deficytu boru w glebie i w roślinach. Niedobory te, oceniane w glebie na podstawie stosowanych od 1986 liczb granicznych, wystąpiły na 83–94% badanych pól, a w roślinie na podstawie kryterium Bergmanna [6], na 60–78% pól – w zależności od gatunku rośliny uprawnej.

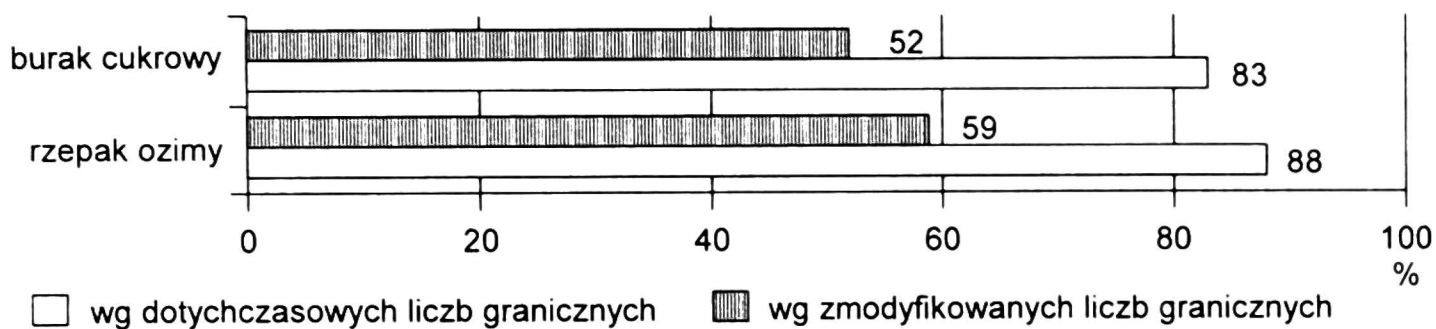
Deficyty te stwierdzane nie tylko na polach roślin o wysokich wymaganiach w odniesieniu do boru, lecz także w uprawach zbóż, uszeregowano i przedstawiono w formie graficznej (rys. 1). Tak znaczny zakres stwierdzanych powszechnie niedoborów boru ekstrahowanego w  $1 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$  w glebach, częściowo tylko potwierdzony zbyt niskimi zawartościami tego składnika w uprawianych na nich roślinach, budzi jednak określone wątpliwości specjalistów z zakresu chemii rolnej, którzy wskazują na potrzebę weryfikacji zbyt rygorystycznego testu glebowego [19, 49, 50].

Korzystając ze stosunkowo dużego zbioru danych analitycznych gleb i roślin z 235 upraw buraka cukrowego, który jest dobrą rośliną wskaźnikową odżywienia borem, w opisanych wyżej badaniach dokonano również modyfikacji obowiązujących liczb granicznych, według rachunku regresji wielokrotnej krokowej [51].

Dysponując nowymi kryteriami do oceny zasobności gleby w bor, ponownie wy-ceniono częstotliwość występowania deficytów tego składnika na polach produkcyj-



Rysunek 1. Częstotliwość niedoborów boru stwierdzanych w glebach i roślinach upraw produkcyjnych



**Rysunek 2.** Porównanie częstotliwości występowania deficytów boru w glebie pól produkcyjnych buraka cukrowego i rzepaku ozimego wycenionych według zmodyfikowanych oraz dotychczas stosowanych liczb granicznych

nych buraka cukrowego. Uzyskany wynik (udział próbek o niskiej zawartości boru) wyniósł tym razem 52,3% (wobec 82,6% deficytu określonego poprzednio, przy użyciu liczb dotychczas stosowanych). W zestawieniu z częstotliwością niedoboru B w roślinach ocenioną na 60,2%, relację taką uznać można za prawidłową, uwzględniając szczególnie wysokie potrzeby buraka w odniesieniu do boru (rys. 2).

Nowa wycena uzasadnia również brak reakcji plonów korzeni buraka na nawożenie borem w 50% ścisłych doświadczeń polowych, których gleby okazały się przeważnie średnio zasobne w bor. Celowość stosowania skorygowanych liczb granicznych potwierdza się również w przypadku rzepaku. W doświadczeniach ścisłych nie uzyskano oczekiwanej reakcji na bor, ponieważ według nowych kryteriów wyceny zasobność gleb w ten składnik była optymalna dla roślin.

Doświadczenia z nawożeniem borem wykazały pozytywną reakcję na ten mikroskładnik nie tylko roślin o dużych wymaganiach pokarmowych (burak, rzepak), lecz także kukurydzy i zbóż, co wskazuje, że nawet małe wymagania pokarmowe tej ostatniej grupy roślin nie są pokrywane naturalną zasobnością gleb w ten pierwiastek, a jego stosowanie przynieść może wymierne efekty. Wyniki przeprowadzonych doświadczeń z nawożeniem zbóż borem wskazują, że nowe, intensywne odmiany tych roślin cechują wyższe wymagania pokarmowe i większa odporność na nadmiary boru w stosunku do odmian starszej generacji. Potwierdzeniem jest brak symptomów szkodliwości boru stosowanego w dawkach wyższych od optymalnych. Celowe byłoby niewątpliwie przeprowadzenie oddzielnych badań nad tym zagadnieniem.

Dodatkowy impuls motywujący potrzebę badań nad poprawą zaopatrzenia w bor roślin uprawnych stanowią wyniki najnowszych badań, wskazujące na negatywne skutki niedostatków tego pierwiastka w organizmach ludzi i zwierząt [35].

## Literatura

- [1] Benedycka Z. 1990. Bor decyduje o rzepaku. *Nowoczesne Rolnictwo* 3(7): 6–17.
- [2] Benedycka Z., Kozikowski A. 1996. Współdziałanie boru z magnezem w nawożeniu wybranych odmian jęczmienia jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 111–115.

- [3] Benedycka Z., Kozikowski A., 1996. Wrażliwość wybranych odmian jęczmienia jarego na zwiększoną koncentrację boru w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 37–42.
- [4] Benedycka Z., Krauze A. 1988. Badania efektywności nawożenia mikroelementami w zmianowaniu. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricultura* 45: 43–51.
- [5] Benedycka Z., Krauze A., Bowszys T. 1986. Następczy wpływ nawożenia borem. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricultura* 43: 51–56.
- [6] Bergmann W. 1986. Bemerkungen und Tabellen zur analytischen Pflanzendiagnose der Pflanzen oder Blattanalyse. VEB Fischer Verlag, Jena: 38 ss.
- [7] Bobrzecka D., Faruga A., Domska D., Mikulski D., Wojciechowska B. 1999. Wpływ nawożenia NPK, B, Cu i Zn na plon zielonki szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.) oraz jej wartość jako paszy dla kur. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 468: 291–299.
- [8] Bonilla I., Cadahia O., Carpena I., Hernando V. 1980: Effects of boron on nitrogen metabolism and sugar levels of sugar beet. *Plant and Soil* 57(1): 3–9.
- [9] Bowszys T. 1996. Reakcja rzepaku ozimego 00 na dolistne nawożenie borem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 71–75.
- [10] Bowszys T. 2001. Działanie boru w nawożeniu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) i szarłatu uprawnego (*Amaranthus cruentus* L.). Rozprawy i monografie. Disserations and monographs, Olsztyn: 76 ss.
- [11] Bowszys T., Krauze A. 2000. Wpływ nawozów borowych na plony, zawartość i pobranie boru przez rzepak jary odmiany Star. *Rośliny Oleiste XXI(3)*: 813–819.
- [12] Budzyński W., Szempliński W. 1999. Rośliny zbożowe. Szczegółowa uprawa roślin. Praca zbiorowa pod red. Jasińskiej Z. i Koteckiego A. T. I, Cz. II, Wyd. AR Wrocław: 31–311.
- [13] Czuba R. 1986. Zmiany zawartości składników pokarmowych w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia. *Mat. Symp. Wpływ nawożenia na jakość pól.* ART Olsztyn 24–25. 06. z. 1: 34–42.
- [14] Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471, cz.I: 161–170.
- [15] Da Silva A.R. 1983. Influence of micronutrients on the male sterility on upland wheat and on rice and soybean yield in red-yellow latosol. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia* 18: 593–601.
- [16] Dechnik I., Chmielewska B., Filipek T., Mazur J. 1989. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i potasem na zawartość mikroelementów w glebie i buraku cukrowym. Cz. I. *Bor. Roczn. Nauk Rol. seria A* 108(1): 150–163.
- [17] Dębowski M., Kucharzewski A. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471(1): 627–636.
- [18] Domska D. 1996. Yield and quality of sugar beet after foliar feeding with nitrogen, magnesium, boron and copper. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 5(46) 2: 24–31.
- [19] Faber A. 1992. Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. *Wyd. IUNG Puławy, H (2)*: 81 ss.
- [20] Finck A. 1982. Fertilizers and fertilization. Verlag Chemie. Weinheim, Deerfield Beach, Florida, Basel: 438 ss.
- [21] Gembarzewski H. 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471(1): 171–177.
- [22] Gembarzewski H., Obojski J. 1996. Stan zaopatrzenia w składniki pokarmowe gleby i roślin żyta z pól kontrolnych. *Roczn. Nauk Rol. Seria A* 112(1–2): 9–18.

- [23] Gembarzewski H., Obojski J., Strączyński S. 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy pszenżyta na polach wysokoprodukcyjnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 347–352.
- [24] Gembarzewski H., Obojski J., Strączyński S., Sienkiewicz U. 1995. Zawartość makro- i mikroelementów w roślinach ziemniaka i pszenicy ozimej z pól o wysokiej produktywności. Wyd. IUNG Puławy S (80): 38 ss.
- [25] 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.
- [26] Gupta U.C. 1972. Interaction effects of boron and lime on barley. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36(2): 332–334.
- [27] Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 398 ss.
- [28] Kamińska W., Kardasz T., Strahl A., Szymborska H. 1976. Skład chemiczny roślin uprawnych i niektórych pasz pochodzenia roślinnego. Wyd. IUNG Puławy: 76 ss.
- [29] Katyal J.C., Randhawa N.S. 1983. Micronutrients. *FAO Fert. & Plant. Nutr. Bull.*: 7.
- [30] Korzeniowska J. 1995. Potrzeby mikroelementowe kukurydzy uprawianej na kiszonkę w warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Praca doktorska AR Wrocław: 59 ss.
- [31] Korzeniowska J., Gembarzewski H. 1994. Potrzeby nawożenia mikroelementami kukurydzy uprawianej na kiszonkę. *Roczn. Glebozn.* L(1/2): 79–84.
- [32] Krauze A., Benedycka Z., Bobrzecka D. 1988. Działanie boru w czteroletnim zmianowaniu. *Zesz. Nauk. ART. Olsztyn* 45: 53–59.
- [33] Mazur T. 1988 Rośliny okopowe. W: Czuba R., Mazur T. Wpływ nawożenia na jakość plonów, PWN: 89–179.
- [34] Nalborczyk E. 1999. Rośliny alternatywne rolnictwa XXI wieku i perspektywy ich wykorzystania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 468: 17–30.
- [35] Nielsen F.H. 2002. The nutritional importance of boron throughout the life cycle of higher animals and humans. W: *Boron in Plant and Animal Nutrition*, Goldbach H.E., Rerkasem B., Wimmer M.A., Brown P.H., Thellier M., Bell R.W. red. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: 37–50.
- [36] Paull J.G., Nable R.O., Rathjen A.J. 1993. Physiological and genetic control of the tolerance of wheat to light concentrations of boron and implications for plant breeding. *Plant Soil* 146: 251–260.
- [37] Reisenauer H., Walsh L., Hoefft R. 1973. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. W: Walsh L. and Beaton J. *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Sci. Soc. of America Inc., Madison/Wisconsin: 173–200.
- [38] Ruszkowska M. 1991. Rola mikroelementów w biologicznym wiązaniu N<sub>2</sub>. *Mat. VI Symp. Mikroelementy w rolnictwie*. AR we Wrocławiu: 5–13.
- [39] Ruszkowska M., Kusio M., Sykut S. 1996. Wymywanie pierwiastków śladowych z gleby w zależności od rodzaju gleby i nawożenia. *Rocz. Glebozn.* 47(1/2): 9–20.
- [40] Schröder G., Falke H. 1992. Zu Bor – und Molybdändüngungs des Winterrapses. *Nach Bedarf düngen. Neue Landwirtschaft* 4: 46–47.
- [41] Shorrocks V. M. 1990. Micronutrient assessment at country level an international study. *FAO Soils Bulletin* 63: 20.
- [42] Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H. 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól wysokoprodukcyjnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 434: 365–370.

- [43] Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H. 1997. Badania nad potrzebami nawożenia mikroelementami podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. Wyd. IUNG Puławy, S(81): 38 ss.
- [44] Sikora H. 1974. Wpływ nawożenia mikroskładnikami na zawartość B, Cu, Mn, Mo i Zn w glebach i roślinach. *Pam. Puł.* 59: 101–131.
- [45] Sikora H. 1985. Stan odżywienia rzepaku borem na plantacjach produkcyjnych na podstawie analizy liści. *Biuletyn IHAR* 157: 95–98.
- [46] Simojoki P., 1991. Boron deficiency in barley. *Ann. Agric. Fenn.* 30: 389–405.
- [47] Stockfish N., Koch H.J. 2001. Reaction of sugar beet to boron fertilization in experiments, W: Boron in Plant and Animal Nutrition, Goldbach H. E., Rerkasem B., Wimmer M.A., Brown P.H., Thellier M., Bell R.W. red. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: 381–386.
- [48] Szukalski H. 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL Warszawa: 320 ss.
- [49] Wróbel S. 2000. Poziom plonowania krajowych upraw produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. Cz I. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 609–618.
- [50] Wróbel S. 2000. Wpływ wieloletniego produkcyjnego użytkowania pól uprawnych na zapotrzebowanie gleb i pszenicy jarej w mikroelementy. Cz I. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 619–626.
- [51] Wróbel S. 2002. Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami. Wyd. IUNG Puławy, seria: Monografie i Rozprawy Naukowe 2: 96 ss.
- [52] Wróbel S., Obojski J. 1997. Zawartość mikroelementów w glebach i roślinach buraka cukrowego z pól produkcyjnych. Wyd. IUNG Puławy, R(343): 1–14.
- [53] Wróbel S., Obojski J. 1998. Zawartość mikroelementów w glebie i roślinach jęczmienia jarego z pól o wysokiej produktywności. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu Roczniki AR w Poznaniu*, CCCVII(52): 129–136.
- [54] Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U., Stanisławska-Głubiak E. 2001. Określenie potrzeb nawożenia zbóż borem. Raport końcowy z badań w temacie statutowym IUNG nr 5.21. Materiały niepublikowane, IUNG Puławy: 39 ss.
- [55] Zalecenia nawozowe. 1985. Praca zbiorowa. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG Puławy: 26 ss.

## Boron fertilization requirement of crops in Poland

**Key words:** boron – fertilization, soil, availability, role, plants, deficit, determination

### Summary

Deficiencies of boron occur in much wider range of crops and climatic conditions than the deficiencies of any other micronutrients. The recent estimation of the micronutrient abundance in Polish soils showed the soluble boron deficiency on the level of 79% on the basis of analyzed 101 521 soil samples from arable horizon. Deficiency of 1 mole  $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$  soluble boron in soil is usually not fully reflected by its

concentration in crops, also boron application in such cases is often ineffective. On the other hand, plants adequately supplied with boron, often positively response to boron application. The results prompted us to verify the threshold values estimating soil boron extractable in 1 mole HCl · dm<sup>-3</sup>, used in Poland since 1986. New calibration of the test hitherto used was elaborated using stepwise multiple regression computation, on the basis of analytical data on soil and plants of sugar beet from 235 fields. Sugar beet is an adequate indicator crop of boron supply level.

Investigations on boron supply on large farms, carried out in 1988–1994, covered 561 fields of different crops. It was stated that increased boron content in soil and plants usually affected the yielding proving the yieldforming role of this element. Positive response to the boron application from both, crops of high and low requirements, was shown in strict experiments. Thus, not only high but also lower nutritive needs of that last group of crops, appear not to be covered by natural soil B resources. In such cases boron application usually brouth in measurable effects. Increased yield of sugar beet roots up to 15,8% and biological sugar yield up to 0,95 t per ha under boron application were obtained in field experiments. At boron application the yields of winter and spring rapeseeds rose by 8–18% and maize green matter yields increased by 11 to 30% both at low and adequate level of available B in soil. Yields of cereal grain increased by 8–12%, and in case of oat, as much as by 20%. No symptoms of boron harmfulness were stated when applied in higher doses. The results induce to verify the prevailing opinion on boron ineffectiveness for cereal crops.

Needs of further research on the improvement of boron supply to crops are also justified by the results of latest American investigations that showed negative consequences of this element scarcities in human and animal organisms.