

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu  
ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław, e-mail: j.korzeniowska@iung.wroclaw.pl

JOLANTA KORZENIOWSKA

### **Reakcja 10 odmian pszenicy ozimej na dokarmianie dolistne borem**

---

Response of ten winter wheat cultivars to boron foliar application

**Streszczenie.** W latach 2003–2006 przeprowadzono 3 ścisłe doświadczenia polowe z nawożeniem dolistnym 10 odmian pszenicy ozimej borem. Bor stosowano w postaci kwasu borowego w ilości  $175 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dokarmianie dolistne spowodowało istotny wzrost plonów ziarna czterech z 10 badanych odmian. Uzyskane średnie przyrosty plonów wahały się od 9 do 15%. Wymagania pokarmowe sześciu pozostałych odmian w stosunku do B były znacznie niższe. Chociaż dolistna aplikacja B powodowała u tych odmian wzrost jego zawartości w pędach, to nie reagowały one przyrostem plonu na nawożenie tym pierwiastkiem.

**Słowa kluczowe:** bor, pszenica, dokarmianie dolistne, odmiany

#### WSTĘP

Do niedawna panował pogląd, że wymagania pszenicy w stosunku do boru są bardzo niewielkie a nawożenie jej tym pierwiastkiem jest zbędne a nawet szkodliwe [Szułkowski 1979, Lityński i Jurkowska 1982, Katyal i Randhawa 1983]. Obecnie w literaturze światowej pojawia się coraz więcej prac wskazujących na potrzebę nawożenia borem nowych odmian pszenicy [Rerkasem i Loneragen 1994, Rerkasem i Jamjod 1997, Subedi i in. 1997, 1999, Rerkasem i Jamjod 2004, Rerkasem i in. 2004, Soyly i in. 2004, Wongmo i in. 2004, Wróbel i Hryńczuk 2004, Wróbel i Sienkiewicz-Cholewa 2004]. Równocześnie w pracach tych podkreśla się silne zróżnicowanie zapotrzebowania poszczególnych odmian na ten pierwiastek. Przy niedostatecznym zaopatrzeniu w bor odmiany wrażliwe na jego niedobór reagują znacznie większym spadkiem plonów ziarna niż ryż, kukurydza czy soja [Rerkasem i Jamjod 2004]. W sytuacji występowania znacznych niedoborów boru w glebach Polski [Obojski i Strączyński 1995, Kucharzewski i Dębowski 2000] wskazane jest zbadanie zapotrzebowania na ten pierwiastek aktualnie uprawianych u nas odmian pszenicy.

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2003, 2004 i 2006 przeprowadzono 3 ściśle doświadczenia polowe z nawożeniem dolistnym 10 odmian pszenicy ozimej borem w Stacji Doświadczalnej IUNG Jelcz-Laskowice k. Wrocławia. Gleby doświadczalne to gleby zaliczone do klasy IVa, kompleksu żyniego b. dobrego, lekkie, kwaśne lub lekko kwaśne, charakteryzujące się zawartością materii organicznej na poziomie 1,2–1,4%, dobrym zaopatrzeniem w fosfor, potas i magnez oraz niską i średnią zawartością B (tab. 1).

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne gleb doświadczalnych  
Table 1. Physico-chemical characteristic of experimental soils

| Rok<br>Year | pH<br>KCl | S <sub>o</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Mg   | B     | Cu    |
|-------------|-----------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|------------------|------|-------|-------|
|             |           | %              |                |                | mg·kg <sup>-1</sup>           |                  |      |       |       |
| 2003        | 5,9       | 1,2            | 15             | 21             | 166 w                         | 175 w            | 37 ś | 0,6 n | 2,6 ś |
| 2004        | 6,0       | 1,0            | 18             | 19             | 128 ś                         | 215 bw           | 67 w | 0,5 n | 1,8 ś |
| 2006        | 5,3       | 1,4            | 19             | 24             | 118 ś                         | 196 w            | 53 w | 0,6 ś | 2,9 ś |

S<sub>o</sub> – substancja organiczna – organic matter, F<sub>1</sub> – frakcja – fraction < 0,02 mm, F<sub>2</sub> – frakcja – fraction 0,1–0,02 mm  
Zawartość – Content: n – niska – low, ś – średnia – medium, w – wysoka – high, bw – bardzo wysoka – very high [Zalecenia nawozowe 1990]. Ocena zawartości boru wg modyfikowanych liczb granicznych – Assessment of B concentration according to modified threshold values [Wróbel 2002]

Wszystkie doświadczenia prowadzono jako dwuczynnikowe w 4 powtórzeniach, w układzie split-plot według poniższego schematu.

Czynnik I – nawożenie borem: a<sub>1</sub> – obiekt kontrolny (bez B), a<sub>2</sub> – 175 B g·ha<sup>-1</sup>.

Czynnik II – odmiana pszenicy: b<sub>1</sub> – Zyta, b<sub>2</sub> – Korweta, b<sub>3</sub> – Pegasoss, b<sub>4</sub> – Mewa, b<sub>5</sub> – Soraja, b<sub>6</sub> – Sakwa, b<sub>7</sub> – Kobra, b<sub>8</sub> – Kris, b<sub>9</sub> – Symfonia, b<sub>10</sub> – Jawa.

Badane odmiany należały do 3 grup technologicznych – A – jakościowej (Korweta, Zyta, Pegasoss), B – chlebowej (Kobra, Sakwa, Mewa, Kris, Soraja) i C – pastewnej (Jawa, Symfonia).

Oprysk borem wykonywano wiosną w fazie pełni krzewienia. Na wszystkie obiekty doświadczalne stosowano identyczne nawożenie podstawowe N – 130, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 80, K<sub>2</sub>O – 120 kg·ha<sup>-1</sup>. Powierzchnia poletka wynosiła 30 m<sup>2</sup>, do zbioru 24 m<sup>2</sup>. Przedplonem pszenicy był rzepak ozimy.

Do analiz chemicznych pobrano średnie próbki glebowe przed założeniem doświadczenia. Ponadto pobrano próbki części nadziemnych pszenicy w fazie początku strzelenia w źdźbło oraz próbki ziarna. Węgiel organiczny w glebie oznaczano metodą Tiurina, pH w 1 mol KCl · dm<sup>-3</sup>, fosfor i potas metodą Egnera-Riehma oraz magnez metodą Schachtschabela. Bor ekstrahowano w 1 mol HCl · dm<sup>-3</sup>, a następnie oznaczano kolorymetrycznie metodą z kurkumina. W próbkach roślinnych po mineralizacji na mokro oznaczono azot i fosfor metodą spektrofotometrii przepływowej, potas i wapń – metodą emisyjnej spektrofotometrii płomieniowej oraz magnez – metodą AAS. Ponadto, po przeprowadzeniu mineralizacji na sucho oznaczono bor metodą ICP.

Do obliczeń syntezy statystycznej plonów z 3 lat badań wykorzystano program AWAR SYNT [Filipiak i Wilkos 1995], który wylicza analizę wariancji dla serii doświadczeń, o ile każde ze składowych doświadczeń zostało wykonane według tego samego układu eksperymentalnego i z taką samą liczbą poziomów czynników. Do szczegółowych porównań różnic między średnimi obiektowymi wykorzystano wielokrotny test Tukeya.

## WYNIKI

Średnie plony ziarna dla 3 doświadczeń z obiektów bez nawożenia borem wahały się od 3,73 (Kobra) do 4,83 (Symfonia) ze średnią 4,31 t · ha<sup>-1</sup> (tab. 2). Na obiektach nawożonych B uzyskano plony w zakresie od 4,18 (Kobra) do 5,05 (Kris) ze średnią 4,57.

Tabela 2. Plony ziarna pszenicy – średnia z 3 lat badań w t·ha<sup>-1</sup>  
Table 2. Grain yield of wheat – average for 3 years in t·ha<sup>-1</sup>

| Odmiana<br>Cultivar | 0      | +B     | Increase %<br>Zwyżka % | Grupa odmian<br>Group of cultivars                                     |
|---------------------|--------|--------|------------------------|--|
| Mewa                | 4,08 a | 4,70 b | 15,2*                  | I grupa – istotna zwyżka plonów<br>group I – significant increase      |
| Zyta                | 4,08 a | 4,64 b | 13,9*                  |  |
| Kobra               | 3,73 a | 4,18 b | 12,2*                  |  |
| Pegassos            | 4,03 a | 4,37 b | 8,6*                   |  |
| Korweta             | 4,10 a | 4,40 a | 7,1                    | II grupa – brak istotnej reakcji<br>group II – no significant response |
| Kris                | 4,77 a | 5,05 a | 5,8                    |  |
| Soraja              | 4,31 a | 4,54 a | 5,1                    |  |
| Jawa                | 4,40 a | 4,51 a | 2,4                    |  |
| Symfonia            | 4,83 a | 4,73 a | -2,2                   |  |
| Sakwa               | 4,77 a | 4,60 a | -3,6                   |  |
| Średnia – Average   | 4,31 a | 4,57 a | 6,4                    |  |

Plony oznaczone tymi samymi literami w wierszach nie różnią się w świetle testu Tukeya ( $\alpha < 0,05$ ) – Yields marked with same letters within the same line did not differ according to Tukey's test ( $\alpha < 0,05$ )

\*Istotna zwyżka – Significant increase

Kierując się reakcją roślin na aplikację B, wyodrębniono dwie grupy odmian: I grupa – istotna zwyżka (Mewa, Zyta, Kobra, Pegassos), II – brak istotnej reakcji (Korweta, Kris, Soraja, Jawa, Symfonia, Sakwa). Istotną reakcją na aplikację B wykazywały odmiany najmniej plonujące na obiekcie kontrolnym.

Tabela 3. Zawartości makroelementów w częściach nadziemnych pszenicy z obiektów kontrolnych – średnie z 3 doświadczeń (%)

Table 3. Macronutrients concentration in wheat shoots from control treatments – average for 3 years (%)

| Odmiana<br>Cultivar | N         | P         | K         | Mg        | Grupa odmian<br>Group of cultivars                                     |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Mewa                | 3,46      | 0,43      | 3,64      | 0,12      | I grupa – istotna zwyżka plonów<br>group I – significant increase      |
| Zyta                | 3,32      | 0,46      | 3,49      | 0,12      |  |
| Kobra               | 3,26      | 0,41      | 3,46      | 0,12      |  |
| Pegasoss            | 3,61      | 0,45      | 3,68      | 0,12      |  |
| Korweta             | 3,51      | 0,45      | 3,64      | 0,13      | II grupa – brak istotnej reakcji<br>group II – no significant response |
| Kris                | 3,62      | 0,48      | 3,67      | 0,12      |  |
| Soraya              | 3,39      | 0,44      | 3,67      | 0,12      |  |
| Jawa                | 3,52      | 0,47      | 3,78      | 0,12      |  |
| Symfonia            | 3,47      | 0,45      | 3,60      | 0,12      |  |
| Sakwa               | 3,52      | 0,46      | 3,66      | 0,11      |  |
| Optimum*            | 3,00–5,00 | 0,30–0,60 | 3,50–5,50 | 0,12–0,25 |  |

\* Zawartość optymalna – Optimum concentration [Bergman 1992]

Analiza zawartości makroskładników w częściach nadziemnych roślin wykazała, że wszystkie badane odmiany pszenicy były prawidłowo zaopatrzone w azot, potas, fosfor i magnez w fazie początku strzelania w źdźbło (tab. 3). Optymalizacja stanu odżywienia roślin makroelementami jest niezbędna w badaniach nad mikroelementami.

Tabela 4. Zawartość boru w pędach oraz ziarnie pszenicy – średnie z 3 lat ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )  
Table 4. Boron concentration in wheat shoots and grain – average for 3 years ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

| Odmiana – Cultivar | Pędy – Shoots |     | Ziarno – Grain |     | Grupa odmian<br>Group of cultivars   |
|--------------------|---------------|-----|----------------|-----|--|
|                    | 0             | +B  | 0              | +B  |  |
| Mewa               | 2,3           | 2,4 | 2,0            | 2,3 | I grupa – istotna wyżka<br>plonów<br>group I – significant<br>increase       |
| Zyta               | 2,4           | 2,8 | 2,3            | 2,5 |  |
| Kobra              | 1,9           | 2,7 | 2,3            | 2,3 |  |
| Pegassos           | 2,4           | 2,4 | 2,2            | 2,6 |  |
| Korweta            | 2,5           | 2,7 | 2,6            | 2,2 | II grupa – brak istotnej<br>reakcji<br>group II – no significant<br>response |
| Kris               | 2,5           | 2,8 | 2,4            | 2,6 |  |
| Soraja             | 2,4           | 2,5 | 2,4            | 2,6 |  |
| Jawa               | 2,6           | 2,9 | 2,4            | 2,6 |  |
| Symfonia           | 2,4           | 3,1 | 2,4            | 2,4 |  |
| Sakwa              | 2,5           | 3,0 | 2,4            | 2,5 |  |
| Średnia – Average  | 2,4           | 2,7 | 2,3            | 2,5 |  |

Zawartość B w pędach pszenicy nienawożonej tym pierwiastkiem wahała się w zakresie 1,9–2,6, a w ziarnie 2,0–2,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 4). Nawożenie B podnosiło zawartość tego pierwiastka w pędach i ziarnie większości badanych odmian.

#### DYSKUSJA

W 1984 r. Graham [1984] zdefiniował efektywność wykorzystania danego składnika pokarmowego jako zdolność genotypu (odmiany) do dobrego wzrostu i plonowania na glebie, w której składnik ten jest w niedostatku dla genotypu wzorcowego. Ta prosta definicja pozwoliła na eksperymentalne porównywanie odmian, pomimo że mechanizm ich zróżnicowania nie był i nadal nie jest w pełni wyjaśniony. Rozszerzając definicję Grahama, Rerkasem i Jamjod [1997] zdefiniowali efektywność wykorzystania boru jako zdolność genotypu/odmiany do prawidłowego funkcjonowania na glebie o zawartości boru zbyt niskiej dla innych odmian. Wykorzystując tę definicję w niniejszej pracy, 4 spośród 10 badanych odmian zaliczono do grupy o małej efektywności wykorzystania boru (grupa I), a 6 pozostałych do grupy o dużej efektywności wykorzystania tego pierwiastka (grupa II). Naturalna zawartość B w glebach doświadczalnych była niewystarczająca dla odmian I grupy – Mewy, Zyty, Kobry i Pegassos. Odmiany te plonowały na obiekcie kontrolnym niżej niż pozostałe odmiany i reagowały istotną wyżką plonów na aplikację boru (tab. 3). Charakteryzowały się również nieco niższą zawartością B w ziarnie niż odmiany z II grupy (tab. 4). Świadczy to o mniejszych możliwościach wykorzystania B z gleby przez te odmiany. Dla odmian zaliczonych do grupy o dużym wykorzystaniu boru początkowa zawartość B w glebie była wystarczająca. Na obiektach bez aplikacji B plonowały one wyżej i akumulowały w ziarnie większe ilości B niż odmiany z grupy I.

Zawartość B w pędach w fazie początku strzelania w źdźbło nie była w pełni wiarygodnym wskaźnikiem zaopatrzenia roślin w ten pierwiastek. Odmiany z obu grup wykazywały podobną zawartość boru, tylko z niewielką tendencją do niższych zawartości w grupie I. Rerkasem i Jamjod [2004] podkreślają, że zawartość boru w częściach wegetatywnych pszenicy nie jest dobrym wskaźnikiem zaopatrzenia roślin w bor. Najbardziej precyzyjnym wskaźnikiem jest zawartość B w pylnikach, która ze względów praktycznych jest niemożliwa do zbadania w warunkach produkcji polowej.

Dla fazy początku strzelania w źdźbło Bergmann [1992] i Jones i in. [1991] proponują jako wartość krytyczną 6.0, a Shnug [2007] 2,5 mg·kg<sup>-1</sup>. Również Faber [1992] uzyskiwał istotne zwwyżki plonów w zakresie od 2,5–4,5 mg·kg<sup>-1</sup>. Analizując zawartości boru w pędach pszenicy przedstawione w tabeli 4, wydaje się, że wartość krytyczna 2,5 mg·kg<sup>-1</sup> jest wartością bardziej wiarygodną. Jednak w świetle udowodnionych różnic pomiędzy odmianami powinno się mówić raczej o zakresie wartości krytycznych dla pszenicy jako gatunku niż o pojedynczej wartości krytycznej. W niniejszych badaniach istotne zwwyżki plonów uzyskano przy zawartości B w pędach w zakresie od 1,9 do 2,4 mg·kg<sup>-1</sup>.

#### WNIOSKI

1. Badane odmiany pszenicy ozimej różniły się istotnie potrzebami pokarmowymi w stosunku do boru. Przy tej samej zawartości B w glebie cztery z 10 badanych odmian zareagowały 8,6–15,2 % zwwyżką plonów, a sześć nie reagowało na dolistną aplikację boru.
2. Zawartość B w pędach w fazie początku strzelania w źdźbło nie była dobrym wskaźnikiem zaopatrzenia roślin w ten pierwiastek. Nieco lepszym była zawartość boru w ziarnie.
3. Potrzeba nawożenia borem pszenicy ozimej zależy nie tylko od zasobności gleby w ten pierwiastek, ale również od wrażliwości uprawianej odmiany na niedobór B.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bergmann W., 1992. Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York, 343–361.
- Faber A., 1992. Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. *Wyd. IUNG Puławy. H (2)*, 1–81.
- Filipiak K., Wilkos S., 1995. Obliczenia statystyczne. *Opis systemu AWAR. IUNG Puławy, R(324)*, 35–36.
- Graham R.D., 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Adv. Plant Nutr.* 1, 57–102.
- Jones J. B., Wolf B., Mills H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook – Micro-Macro Publishing Inc., Georgia, USA*, 1–213.
- Katyal J.C., Randhawa N.S., 1983. Micronutrient. *FAO Fertilizer Plant Nutrition Bull.*, 1–82.
- Kucharzewski A., Dębowski M., 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 471, 627–635.
- Lityński T., Jurkowska H., 1882. *Żyzność gleby i odżywianie się roślin.* PWN Warszawa, 365–373.
- Obojski J., Strączyński S., 1995. Odczyn i zasobność gleb polskich w makro- i mikroelementy. *Wyd. IUNG Puławy*, 1–40.

- Rerkasem B., Jamjod S., 1997. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. *Plant Soil* 193, 169–180.
- Rerkasem B., Jamjod S., 2004. Boron deficiency in wheat: a review. *Field Crops Res.* 89, 173–186.
- Rerkasem B., Jamjod S., Niruntrayagul S., 2004. Increasing boron efficiency in many international bread wheat, durum wheat, triticale and barley germplasm will boost production on soils low in boron. *Field Crops Res.* 86, 175–184.
- Rerkasem B., Loneragan J.F., 1994. Boron deficiency in two wheat genotypes in a warm subtropical region. *Agron. J.* 86, 887–890.
- Schnug E., 2007. Federal Agricultural Research Centre (FAL), Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, dane niepublikowane.
- Soylu S., Topal A., Sade B., Akgun N., Gezgin S., Babaoglu M., 2004. Yield and yield attributes of durum wheat genotypes as affected by boron application in boron-deficient calcareous soils: An evaluation of major Turkish genotypes for boron efficiency. *J. Plant Nutr.*
- Subedi K.D., Budhathoki C.B., Subedi M., 1997. Variation in sterility among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to boron deficiency in Nepal. *Euphytica* 95, 21–26.
- Subedi K.D., Gregory P.J., Gooding M.J., 1999. Boron accumulation and partitioning in wheat cultivars with contrasting tolerance to boron deficiency. *Plant Soil* 214, 141–152.
- Szukalski H., 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL Warszawa, 1–320.
- Wongmo J., Jamjod S., Rerkasem B., 2004. Contrasting responses to boron deficiency in barley and wheat. *Plant Soil* 259, 103–110.
- Wróbel S., 2002. Calibration of 1 M HCl extractable soil boron. [In:] *Boron in plant and animal nutrition*, Ed. by Goldbach et al., Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 335–338.
- Wróbel S., Hryńczuk B., 2004. Wpływ nawożenia borem na plonowanie i skład chemiczny pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502, 451–457.
- Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U., 2004. Określenie potrzeb nawożenia pszenicy ozimej borem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502, 459–466.
- Zalecenia nawozowe. Praca zbiorowa. 1990. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny w glebach makro- i mikroelementów. IUNG Puławy, 1–44.

**Summary.** Three strict field trials were conducted in 2003–2006, involving foliar application of boron to ten cultivars of winter wheat. Boron was applied as 175 g · ha<sup>-1</sup> of boracic acid. Foliar fertilization treatments caused a significant grain yield increase of four out of ten winter wheat cultivars. The average yield increment ranged between 9 and 15%. The nutritional demands of six other cultivars for boron were much lower. Although the foliar fertilisation with boron increased the concentration of this element in the shoots of these cultivars, they did not respond with higher yield to the application of this element.

**Key words:** boron, wheat, foliar application, genotypic variation