

## Аннотация

**В.С. Хахула**

### **Влияние агрометеорологических условий на рост и развитие пшеницы озимой**

Обобщены основные аспекты оценки влияния агрометеорологических условий на рост и развитие озимой пшеницы, а также проанализированы последствия беспрецедентного быстрого процесса изменений климата на выращивание данной культуры. Доказано, что погода и климат существенно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. С ростом культуры земледелия зависимость урожайности от условий погоды не уменьшается.

Создание и накопление питательных веществ в растениях зависит от почвенно-климатических условий, технологии их выращивания, рационального выбора севооборотов.

**Ключевые слова:** парниковый эффект, потепление климата, антропогенное потепление, агроклиматические условия, количество осадков, сумма активных температур, безморозовый период, средняя температура воздуха.

## Annotation

**V.S. Khakhula**

### **The influence of agro meteorological conditions on winter wheat growth and development**

The paper deals with summarizing the basic aspects of the important problem of assessing the agrometeorological conditions impact on the growth and development of winter wheat. Consequences of too rapid unprecedented process of climate change on the cultivation of this crop were analysed. The crop productivity dependence on weather condition does not decrease with the improvement of soil management.

Implementing and accumulation of nutrients in plants depend on soil and climatic conditions, growth technology, rational selection of crop rotations.

**Keywords:** greenhouse effect, climate warming, antropogenic warming, active temperatures amount, frost-free period, average air temperature.

УДК 631.81.095.337: 631.453

## **ВМІСТ БОРУ В ПШЕНИЦІ ОЗИМІЙ ВИРОЩЕНІЙ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ**

**В.М. Світовий, О.Д. Черно, кандидати сільськогосподарських наук  
Уманський національний університет садівництва**

Вивчено стан забезпеченості сполуками бору чорнозему опідзоленого важкосуглинкового та рослин пшениці озимой. Доведено необхідність визначати вміст сполук бору та кальцію в вегетуючих рослинах пшениці озимой для об'єктивної діагностики забезпеченості їх бором.

**Ключові слова:** сполуки бору, пшениця озима, чорнозем опідзолений.

Бор в природі у вільному стані не зустрічається. В ґрунті він знаходиться у формі молекули  $H_3BO_3$  (при рН – 5 – 9) або аніона  $B(OH)_4$  (при рН >9,2). Бор надходить в рослину в вигляді аніону борної кислоти –  $BO_3^{3-}$ . За іншими твердженнями бор може поглинатись у вигляді недисоційованої молекули борної кислоти. Бор у ґрунті ерухомим у широкому діапазоні рН, однак при високих значеннях рН велика частина бору знаходиться у зв'язаному стані і його

бідоступність стає меншою [1]. Також на доступність бору впливає тип ґрунту, вологість, вміст органічної речовини. [2]. Зокрема, збільшення вмісту фізичної глини призводить до збільшення вмісту доступного бору [3, 4].

Середній вміст бору в рослинах 0,0001%. Разом з тим, бор, на відміну від інших мікроелементів, не входить до складу будь-якого ферменту і не є активатором ферментів. Велике значення для здійснення біологічних функцій бору має його здатність створювати комплексні з'єднання з простими цукрами, полісахаридами, спиртами, фенольними сполуками та ін. [5]. Можливі функції бору включають вплив на транспорт цукру, синтез клітинних стінок, одеревіння, метаболізм індолоцтової кислоти та ін. [6]. Бор інколи відносять до мезоелементів, оскільки для життєдіяльності деяких рослин його потрібно значно більше, чим інших мікроелементів [7]. Потреба в борі у різних культур різна. Дводольні рослини поглинають приблизно в 10 разів більше бору, ніж однодольні. Борне голодування збільшується у засуху і при зміні реакції ґрунтового середовища в лужний бік, наприклад, при вапнуванні. Різні культури мають різну толерантності то до нестачі бору. Так соняшник сильно вразливий, кукурудза помірно, а пшениця толерантна до нестачі бору [8]. Засуха в період критичних по бору фенофаз рослин сприяє дефіциту в ґрунтовому розчині доступного бору навіть на ґрунтах з його достатніми запасами. Для більшості борофільних культур бор є критичним мікроелементом при високоінтенсивних технологіях вирощування [9]. Взагалі за оцінками експертів продовольчої і сільськогосподарської організації ООН нестача бору є одним з основних обмежень рослинництва у світі. Вважається, що в глобальному масштабі нестача бору є другим за значимістю мікрохарчовим обмеженням для сільськогосподарських культур після цинку [10].

Метою нашого дослідження було вивчення стану забезпеченості бором рослин пшениці озимої вирощеної на чорноземі опідзоленому Лісостепу України.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили на дослідному полі кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС на ділянках, де добрив не вносили упродовж 48 років. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Фізико-хімічні властивості ґрунту: ступінь обмінної кислотності ( $pH_{KCl}$ ) – 5,3, гідролітична кислотність – 3,32 смоль/кг ґрунту, сума обмінних основ – 28,4 смоль/кг ґрунту, ємність вбирання – 34,7 смоль/кг ґрунту, ступінь насиченості ґрунту основами – 82%. Властивості ґрунту і рельєф дослідного поля за своїми особливостями відповідають ґрунтовим різновидам помірно-континентальної східноєвропейської фації, в межах якої можуть бути розповсюджені отримані в досліді результати.

У наших дослідженнях екстракцію рухомих форм бору з ґрунту проводили 0,2 н розчином соляної кислоти аналогічно методу Кирсанова для визначення рухомих форм фосфору та калію у одній витяжці. Цю витяжку було обрано з огляду на те, що соляна кислота широко використовується як екстрагент рухомих форм бору з ґрунтів для методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою [11, 12]. Зразки ґрунту відбирали з шару 0 – 20 см. Зразки вегетуючих рослин пшениці озимої відбирали у фазі викидання колоса. Зерно пшениці збирали у фазу повної стиглості. Підготовлені зразки рослинних матеріалів та ґрунтових витяжок досліджували на атомно-емісійному спектрометрі з індуктивно зв'язаною плазмою Shimadzu Multitype ICP Emission Spectrometer

**Результати досліджень.** Бор широко поширений у природі з середньою концентрацією приблизно 10 мг/кг у земній корі (діапазон: від 5 мг/кг у базальтах до 100 мг/кг у сланцях) і близько 4,5 мг/л у океані [13]. У ґрунтах концентрація

загального бору знаходиться в інтервалі від 20 до 200 мг/кг [14]. Його доступні для рослин концентрації також сильно розрізняються в ґрунтах, однак, зазвичай, є меншими ніж 5 – 10% від валового вмісту [15].

Бор відносять до речовин другого класу токсичності [16]. Разом з тим, для людини конкретні токсичні рівні бору в ґрунті, як валового, так і рухомого, не встановлені гігієнічними нормативами [17]. Дані по оптимальному вмісту бору в раціоні харчування людей малочисельні. Разом з тим, зауважується, що його середня добова норма споживання складає приблизно 1,5 мг/добу для дорослої людини. За даними європейського відомства з безпеки харчових продуктів максимально допустимою дозою вживання бору вважається 10 мг/чол/добу для дорослих людей [18].

Факти токсичності бору для рослин зустрічаються відносно рідко в порівнянні з дефіцитом бору. При цьому він є унікальний елемент у тому сенсі, що має дуже вузький діапазон між недостатнім і токсичним рівнем у ґрунтах –  $<0,5$  мг/кг і  $>5$  мг/кг відповідно [19]. У той час як сучасних дослідних даних недостатньо для точного визначення токсичних рівнів бору, передбачається, що вміст рухомого бору 5 – 8 мг/кг ґрунту, може бути невідповідним для деяких видів рослин [10]. За даними австралійських науковців відомі випадки токсичності бору в основному приурочені до малої кількості опадів ( $<550$  мм/рік) на ґрунтах які погано вилужені і мають концентрації рухомого бору  $>12$  мг/кг ґрунту. При цьому тестування ґрунту на вміст рухомого бору вважається певними науковцями кращим методом для визначення забезпеченості рослин бором. Існує думка, що тестування рослинних тканин є менш надійним, так як його критичні межі не можуть бути легко визначені за нерівномірного накопичення бору в тканинах рослин, зміни поглинання бору на різних етапах росту і вилуговування бору з рослинної тканини під час опадів [8].

Деякі науковці відмічають, що оптимальний рівень рухомого бору в ґрунті відповідає 3 мг/кг [21]. Загалом вважається, що для більшості культур 1 – 4 мг/кг ґрунту рухомого бору досить, щоб запобігти його дефіциту [22]. Вміст менше 0,5 – 1 мг/кг оцінюється як недостатній [23].

Розроблено ряд градації за вмістом рухомого бору в ґрунті. Науковці США та Канади вважають ґрунт середньо забезпеченим коли його вміст знаходиться в межах 0,6 – 0,8 мг/кг ґрунту, ґрунт з вмістом рухомого бору більше 2 мг/кг вважають високозабезпеченим [24, 25]. Інші дослідники вважають, що вміст рухомого бору менше 0,40 мг/кг є низьким, 0,5 – 1,20 мг/кг – оптимальним, а більше 1,20 мг/кг високим [12]. У республіці Білорусь прийнята градація згідно якої вмісту рухомого бору (в мг/кг)  $<0,30$  є низьким; 0,31 – 0,70 – середнім; 0,71 – 1,0 – високим;  $>1,0$  – дуже високим [26]. У Російській Федерації розрізняють ґрунти за вмістом рухомого бору (в мг/кг):  $<0,2$  – дуже низький; 0,2 – 0,4 – низький; 0,4 – 0,8 – середній; 0,8 – 1,2 – високий;  $>1,2$  – дуже високий [27]. Разом з тим, відмічається, що навіть при достатніх рівнях вмісту рухомого бору в ґрунті за деяких умов рослини можуть відчувати його недостачу [28].

В умовах нашого дослідження вміст рухомого бору в орному шарі ґрунту коливався в межах 1,89 – 3,15 мг/кг, що згідно більшості градацій відповідає високій забезпеченості ґрунту цим елементом.

Існує певний оптимум концентрації бору в окремих органах і тканинах для кожного виду рослин, що забезпечує нормальні умови для процесів їх життєдіяльності. Дослідниками Польщі були отримані більш високі врожаї пшениці, коли концентрація бору в пагонах варіювалась між 1,9 – 2,4 мг/кг [29]. У дослідженні турецьких вчених S. Irmak та H. Varig зі зростаючими нормами борних

добрив було встановлено, що збільшення норм борних добрив сприяло збільшенню вмісту бору в листках зразків пшениці з 1,62 до 18,73 мг/кг і вмісту бору в зерні зразків пшениці був від 2,6 до 9,1 мг/кг [23]. Підсумовуючи ряд досліджень по застосуванню борних добрив на пшениці А. Rashid, S. Muhammad, та E. Rafique стверджують, що вміст бору в рослинах пшениці <6 мг/кг є низьким, 6 – 10 мг/кг – оптимальним, а >10 мг/кг – високим [12]. Подібне підтверджують B.S. Dear, R.G. Weir та H.J. Farr [28, 30]. A.C. Gupta вважає, що вміст бору в зеленій масі пшениці >16 мг/кг є токсичним [31]. Разом з тим, В.В. Церлинг стверджує, що оптимальним вміст бору в рослинах пшениці в час трубкування є тоді, коли він знаходиться в межах 2,1 – 8,0 мг/кг, а в верхніх листках 8 – 10 мг/кг [32].

В нашому досліді вміст бору в вегетуючих рослинах пшениці озимої на час трубкування був 1,6 мг/кг сухої маси (табл.). Виходячи з градацій забезпеченості, за вмістом бору у вегетуючих рослинах пшениці озимої можна стверджувати, що такий вміст сполук бору є низьким.

#### Вміст бору та кальцію у пшениці озимій, мг/кг сухої речовини

Об'єкт аналізу	Хімічний елемент:	
	В	Са
Пшениця вегетуюча	1,6	1515,0
Зерно	0,3	284,4

Хоча вміст рухомого бору в ґрунті дослідних ділянок є високий. Таку невідповідність можна пояснити значною кількістю в ґрунті рухомого кальцію, який є антагоністом бору.

R.P.S. Chauhan та A.K. Asthana пропонують використовувати співвідношення вмісту кальцію до вмісту бору в зеленій масі рослин як показник їх забезпеченості бором [33]. Це пов'язано з антагонізмом між цими двома елементами. Звуження співвідношення Са:В передбачає поліпшення забезпеченості рослин бором [34]. Ряд науковців зауважує, що навіть тоді, коли рослини отримують досить рухомого бору, надмірна кількість кальцію в тканинах може створити умови дефіциту бору. За розрахунками U.C. Gupta співвідношення у вегетуючих рослинах пшениці  $\text{Ca}/\text{B} > 697$  викликає дефіцит бору, а співвідношення 7 – 22 вказує на токсичний рівень бору [35 – 37]. За умов нашого досліді в зеленій масі пшениці озимої на час викидання колоса співвідношення Са/В склало 946, що вказує на умови створення дефіциту бору в рослинах.

Вважається, що оптимальний вміст бору в зерні пшениці 1,5 мг/кг, а кальцію – 800 мг/кг [35]. Науковці в Лісостеповій зоні отримали вміст бору в зерні пшениці в межах 0,8 – 3 мг/кг [38]. У нашому досліді в зерні пшениці озимої виявлено 0,3 мг/кг бору. Це значно менше, ніж зазначено в наукових джерелах, що є додатковим доказом, що в рослинах пшениці озимої формується дефіцит бору.

**Висновки.** У чорноземі опідзоленому, що тривалий час не удобрювався, формується високий вміст рухомих сполук бору.

В рослинах пшениці озимої, вирощених на чорноземі опідзоленому без внесення добрив, формується дефіцит бору. Скоріше за все це слід пов'язувати з розширеним співвідношенням вмісту кальцію до бору в рослинних зразках.

Для об'єктивної оцінки надходження бору в рослини пшениці озимої не слід обмежуватись лише визначенням забезпеченості ґрунту рухомих бором. Обов'язково слід встановлювати вміст сполук бору та кальцію в рослинних матеріалах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Influence of Soil-applied Boron on Yield, Fiber Quality and Leaf Boron Contents of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) / Muhammad Abid[et al.] // J. Agri. Soc. Sci. –2007. –Vol:3. – pp. 7 – 10.
2. Welch J. T. Fluorine in Bioorganic Chemistry / J. T. Welch and S. Eswarakrishnan. – New York: John Wiley and Sons, 1991.
3. Luís Reynaldo Ferracciú Alleoni. Boron adsorption in soils from the state of São Paulo, Brazil/ Luís Reynaldo Ferracciú Alleoni and Otávio Antonio de Camargo // Pesq. agropec. bras. – 2000. – Vol.35. – No.2. – pp. 401 – 411.
4. Goldberg S. Boron adsorption and silicon release by the clay minerals kaolinite, montmorillonite, and illite /Goldberg S., and R.A. Glaubig // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1986. – No.50. – pp. 1442 – 1448.
5. Наслідки нестачі мікроелементів с. г. рослин БОР [Електронний ресурс] // ТОВ "Український Аграрний Ресурс". – 2014. Режим доступу: <http://www.rostok-ua.com/index.php/korysno/statti/257-nestacha-boru>(17.05.14). — Загл. з екрана.
6. Micronutrients status and management in orchards soils: applied aspects /Zia M. H.[et al.] //Soil & Environment. – 2006. – Vol. 25. – pp. 6 – 16.
7. Значення мікроелементів в житті рослин [Електронний ресурс] // компанія "Нертус". — 2014. Режим доступу: [http://nertus.ua/newscompany.php?news\\_id=716&lang=14](http://nertus.ua/newscompany.php?news_id=716&lang=14) (17.05.14).
8. Boron – Western Australia // Soil Quality Pty. Ltd. – 2014. Режим доступу: <http://soilquality.org.au/factsheets/boron>(17.05.14). — Загл. з екрана.
9. Леонид Киверский. Бор для растений и экономики /Леонид Киверский, Сергей Полянчиков //Зерно. – 2009. – № 03. – С. 49 – 53.
10. Sillanpää M. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study // FAO Soils Bull. – 1982. – № 48. – pp. 75 – 82.
11. Soil Sampling and Methods of Analysis / Edited by M.R. Carter, E.G. Gregorich. – Abingdon: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006. – 198 p.
12. Rice and wheat genotypic variation in boron use efficiency /Rashid A.[et al.] // Soil Environ. – 2005. – Vol. 24. – pp. 98 – 102.
13. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals/ Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies European. – Parma: Food Safety Authority, 2006. – 480 p.
14. Mengel K. Principles of plant nutrition /K. Mengel; E. Kirkby. – Bern: International Potash Institute, 1987. – 687 p.
15. Diana G. Effect of organic and mineral fertilization on soil boron fractions / G. Diana, C. Beni// Agr. Med. – 2006. – № 136. –pp. 70 – 78.
16. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02 – 83. – М.: Московский печатник, 1983. – 5 с.
17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.7.2041–06// Бюл. норм. актов федер. орг. исполн. власти. – 2006. – № 10.
18. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals/ Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies European. – Parma: Food Safety Authority, 2006. – 480 p.
19. Boron toxicity in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.). / N. Ahmed [et al.] // Pakistan Journal of Botany. – 2008. – Vol. 40. – pp. 2443 – 2445.
20. Boron toxicity /R. O. Nable [et al.] // Plant and Soil 1997. – № 193: – pp. 181 – 198.

21. 21. Effect of concentration of boron on the uptake and yield of tomato and wheat at different levels of irrigation / K. L. Gulati [et al.] // *Plant and Soil*. – 1980. – Vol. 54. – Is. 3. – pp. 479 – 484.
22. 22. Cook J. G. Boron / J. G. Cook. – London: Mills and Boon Limited, 1972.
23. 23. S. Irmak. Correlation Between Boron Contents of Soils and Wheat Plants (*Triticum spp.*) in The Cukurova Plain in Turkey / S. Irmak and H. Vapur // *Asian Journal of Chemistry*. – 2009. – Vol. 21. – No. 4. – pp. 2615 – 2624
24. 24. R. Kline. Boron for field crops / R. Kline, Prince George. – Abbotsford BC Canada: RMB Ministry of Agriculture and Food, 1991. – 3 p.
25. 25. Soil Test Interpretation Guide / E.S. Marx, John Hart, Bob Stevens. – Oregon: Oregon State University, 1999. – 8 p.
26. 26. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011 – 2015 гг. / В.Г. Гусакова [и др.]: под. ред. В.Г. Гусакова. — НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, Инст. Почвоведения и агрохимии: Минск, 2010. — 106 с.
27. 27. Минеев В.Г. Агрохимия: Учебник / В.Г. Минеев – М.: Издательство МГУ, 2006. – 751 с.
28. 28. Hilary Jane Farr. Early growth tolerance to boron and salt in wheat and barley / Hilary Jane Farr. – Muresk: Muresk Campus Department of Environment and Agriculture, 2010. – 95 p.
29. 29. Jolanta Korzeniowska. Response of ten winter wheat cultivars to boron foliar application in a temperate climate (South-West Poland) // *Agronomy Research*. – 2008. – Vol. 6. – No. 2. – pp. 471 – 476.
30. 30. Boron deficiency in pastures and field crops / B.S. Dear, R.G. Weir. – Sydney: Agfact NSW Agriculture, 2004. – 8 p.
31. 31. Umesh C. Gupta. Boron and molybdenum nutrition of wheat, barley and oats grown in prince edward island soils // *Canadian Journal of Soil Science*. – 1971. – Vol. 51. – № 3. – pp. 415 – 422.
32. 32. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
33. 33. Chauhan R.P.S. Tolerance of lentil, barley, and oats to boron in irrigation water / Chauhan, R.P.S., and A.K. Asthana // *J. Agric. Sci.* – 1981. – № 97. – pp. 75 – 78.
34. 34. Stanislaw Wróbel J. Response of spring wheat to foliar fertilization with boron under reduced boron availability // *Elementol.* – 2009. – Vol. 14. – № 2. – pp. 395 – 404
35. 35. Gupta UC. Interaction effects of boron and lime on barley // *Soil. Sci. Soc. Am. J.* – 1972. – № 36. – pp. 332–334.
36. 36. Ilhan Kizilgoz. The effects of soil boron and calcium applications on boron and calcium uptake in Durum wheat (*Triticum durum L.*) / Ilhan Kizilgoz and Erdal Sakin // *African Journal of Agricultural Research*. – 2010. – Vol. 5. – № 15. – pp. 2073 – 2076.
37. 37. Boron deficiency in wheat / Mann, C.E., [et al.] // *Wheat Special Report No. 11. Mexico, D.F.: CIMMYT*, 1992. – 132 p.
38. 38. Спицына С.Ф. Поведение микроэлементов в системе почва – растения пшеницы в различных зонах алтайского края / С.Ф. Спицына, А.А. Томаровский, Г.В. Оствальд. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 12 (110). – С. 42–47.

*Одержано 19.05.2014*

## *Аннотация*

**В.М. Свитовый, Е.Д. Черно**

**Содержание бора в пшенице озимой выращенной на черноземе оподзоленном.**

*Установлено, что в черноземе оподзоленном, который длительное время не удобрялся, формируется высокое содержание подвижных соединений бора. При этом тестирование почвы на содержание подвижного бора считается определенными специалистами лучшим методом для определения обеспеченности растений бором. Существует мнение, что тестирование растительных тканей на содержание бора есть менее надежным, так как его критические пределы не могут быть легко определены из-за неравномерного накопления бора в тканях растений, изменения поглощения бора на разных этапах роста и выщелачивания бора с растительной ткани во время осадков. Вместе с тем, нашими исследованиями установлено, что в растениях озимой пшеницы, выращенных на черноземе оподзоленном без внесения удобрений, формируется дефицит бора. Скорее всего, это следует связывать с расширенным соотношением содержания кальция и бора в растительных образцах. На основании этих исследований доказано, что для объективной оценки поступления бора в растения озимой пшеницы не следует ограничиваться только определением обеспеченности почвы подвижным бором. Обязательно следует устанавливать содержание соединений бора и кальция в растительных материалах.*

**Ключевые слова:** соединения бора, пшеница озимая, чернозем оподзоленный.

## *Annotation*

**V. M. Svitovyi, E.D. Chernov**

**Boron in winter wheat, which is grown on podzolized black soil**

*In black soil which for a long time was not fertilized, high content of mobile boron compounds is formed. Thus testing of soil on content of the mobile boron is considered the best method for determination of boron content in plants. There is opinion, that testing of plant tissues on boron content is less reliable, because its critical limits can not be easily determined due to the uneven accumulation of boron in plants tissues, changes of absorption of boron on the different stages of growth and lixiviating of boron from plants tissue during precipitations. It was set, that in the plants of winter wheat, grown on podzolized black soil without fertilization, the deficit of boron is formed. Probably, it is necessary to connect it with the extended correlation of calcium and boron content in plant samples. On the basis of these researches was proved, that for the objective estimation of boron emission in the plants of winter wheat we should not be restricted to determination of provision of soil with mobile boron. It is necessary to determine the content of compounds of boron and calcium in plants tissues.*

**Keywords:** boron compounds, winter wheat, podzolized black soil.