

When treated with the drug Hetomik, the yield increase on average over the years of research was 23.8 % compared to the control. The use of Azotobacterin-K also helped to increase the yield of this crop in all years of research by an average of 20.5 %. A slightly lower yield of winter triticale was noted for the use of Ecophosphorin, where the increase compared to the control was 18.7 %, compared to the previous options. The obtained results of the research indicate the promising application of microbial preparations in winter triticale cultivation technologies – Hetomik, Azotobacterin-K and Ecophosphorin, which can be used to limit the development of root rots to 5.3–27.3 %, leaf diseases – 1.6–5, 3 % for an increase in productivity by 18.7–23.8 %.

Key words: winter triticale, microbial preparations, root rot, powdery mildew, brown leaf rust, septoriosiс, yield

УДК: 633.11:[57.018.6+581.144.4:631.86.87]

DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-34-41

ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ТА ВМІСТУ ПІГМЕНТІВ У РОСЛИНАХ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

В. В. КАРПЕНКО, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва

У статті наведено результати досліджень стосовно впливу біологічних препаратів мікробного походження на формування площі листкового апарату тритикале озимого та вмісту в листках пігментів. Встановлено, що досліджувані препарати позитивно впливали як на формування площі листків, так і на вміст у них хлорофілів. Найбільшу площу листкового апарату рослини тритикале озимого формували за обприскування посівів Бактофітом на фоні обробки насіння перед сівбою Меланорізом, де показники у порівнянні з контролем зростали на 21–23 %. Ці ж варіанти дослідження забезпечували у порівнянні з контролем найвищі показники вмісту хлорофілів: a – 17–28 %, хлорофілу b – 9–17 %, $a+b$ – 15–24 %.

Ключові слова: площа листкового апарату, вміст пігментів, біологічні препарати, тритикале озиме.

Вступ. Відповідно до сучасних теоретичних уявлень про механізми функціонування і взаємозв'язки донорно-акцепторної системи рослинних організмів, головними фізіолого-біохімічними процесами у рослині, від яких безпосередньо залежить забезпечення ефективності продукційного процесу, є інтенсивність процесу фотосинтезу, тобто синтезу і транспорту метаболітів. Головними показниками, що визначають інтенсивність фотосинтезу, є площа листкового апарату та вміст у ньому пігментів. Зростання цих показників

позитивно впливає на реалізацію потенціалу рослинного організму, оскільки саме процес фотосинтезу забезпечує формування врожаю [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розміри листкового апарату є прямопропорційними розвитку надземної вегетативної маси рослини, оскільки під час вегетаційного періоду переважну частку в біомасі складають саме листки. Головне завдання листкового апарату – це асиміляція CO₂ та утворення органічної речовини під час фотосинтезу [3]. Величина фотосинтетично активної радіації, що засвоюється рослиною, знаходиться у тісному взаємозв'язку з динамікою формування та величиною листкової поверхні [4].

Розміри листкової поверхні посівів визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично-активної радіації. Внаслідок такого поєднання чинників посівами нагромаджується суха речовина, що є основою вегетативної маси та забезпечує кількісне формування урожаю [5].

Літературні дані свідчать [6, 7], що препарати біологічного походження значно впливають на продукційний процес сільськогосподарських культур і формування фотосинтетичного апарату. Проте, ефективність роботи листкового апарату залежить від низки пігментів, особливо зелених – хлорофілів *a* і *b*, за дефіциту яких виникає сповільнення інтенсивності фотосинтезу [8]. Встановлено, що хлорофіл *a* є основним пігментом у процесі фотосинтезу, а хлорофіл *b* – забезпечує підвищення світлозбиральної здатності пігментного комплексу в короткохвильовій ділянці червоного світла, разом вони забезпечують поглинання і перетворення енергії сонячних променів у енергію хімічних зв'язків [9].

Характерною ознакою пігментів у організмі рослин є їх динамічність, тобто їх вміст може змінюватися у залежності від впливу різноманітних зовнішніх чинників, у тому числі й застосування різного виду біологічно активних речовин. Літературні джерела свідчать, що у переважній більшості випадків біологічні препарати, у тому числі й мікробні, мають стимулювальний вплив на нагромадження рослинами хлорофілів та підвищення фотосинтетичної активності хлоропластів [10].

Мета статті – дослідити формування площі листкового апарату тритикале озимого та вмісту у ньому хлорофілів за використання біологічних препаратів мікробного походження.

Методика досліджень. Вивчення площі листкового апарату та вмісту у ньому пігментів виконували в польових і лабораторних умовах кафедри захисту і карантину рослин Уманського національного університету садівництва у 2021–2023 роках. Сорт тритикале озимого – Єлань (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН та Волинська державна с.-г. дослідна станція). Насіння тритикале озимого за добу до висіву обробляли бактеріальними суспензіями біологічних препаратів мікробного походження: Меланоріз 1,0 л/т (*Glomus sp.*, *Aspergillus terreus*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, *Bacillus macerans*, *Arthrobacter sp.*, *Bacillus subtilis*, *Raenibacillus polymyxa*, загальне число життєздатних клітин $2,5 \times 10^7$ КУО/мл, оригінатор – ТОВ «Торговий дім «Бту-центр», Україна) та Біозлак 1,5 л/т

(*Pseudomonas aureofaciens* BS1393, титр життєздатних клітин або спор не менше $2,0 \times 10^9$ КУО/мл препарату, оригінатор – ТОВ «Біонасервіс плюс», Україна). У фазі повного кушіння посіви культури обробляли біологічним фунгіцидом Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га (*Bacillus subtilis* ІПМ–215, титр життєздатних клітин або спор не менше $2,0 \times 10^9$ КУО/мл препарату, оригінатор – ТОВ «Біонасервіс плюс», Україна).

Досліди закладали на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому на лесі, який характеризується задовільним забезпеченням поживними елементами [11].

Площу листового апарату рослин тритикале озимого визначали відповідно до загальноприйнятих методик [12]. Вміст у листках хлорофілів *a* і *b* та їх суму досліджували спектрофотометричним методом за допомогою спектрофотометра Leki SS1104 за довжини хвиль, що відповідала максимумам спектрів поглинання досліджуваних пігментів у відповідному розчиннику [12]. Статистичну обробку отриманих результатів виконували в програмі Microsoft Office Excel.

Результати досліджень. Визначення площі листового апарату тритикале озимого показало, що у фазі появи прапорцевого листка у 2021 році за передпосівної обробки насіння тритикале озимого мікробними препаратами (МБП) Меланоріз і Біозлак площа листків тритикале перевищувала показники контрольного варіанту на 3,7 та 1,2 см²/рослину відповідно (табл. 1).

Табл. 1. Формування площі листового апарату тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (фаза появи прапорцевого листка, см²/рослину)

Варіант досліду	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Без застосування біологічних препаратів (контроль)	54,6	48,1	44,6
Меланоріз 1,0 л/т	58,3	51,3	47,0
Біозлак 1,5 л/т	55,6	49,2	45,2
Бактофіт 2,0 л/га	56,8	51,1	46,6
Бактофіт 2,5 л/га	58,5	51,6	47,6
Бактофіт 3,0 л/га	61,6	54,4	49,2
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га	59,7	51,8	48,0
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га	60,5	53,6	48,9
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га	62,1	55,6	50,2
Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га	62,6	55,9	50,5
Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га	63,5	56,8	52,2
Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га	66,3	59,3	53,1
<i>НІР</i> ₀₅	1,5	1,4	1,1

За посходового внесення Бактофіту у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га простежувалася тенденція до зростання площі листкового апарату відносно контролю на 2,4; 3,9 і 7,0 см²/рослину відповідно до норм біофунгіциду.

Значно активніший вплив на формування листкового апарату мало застосування наведених норм Бактофіту по фоні бактеризації насіння Біозлаком, що сприяло зростанню площі листків проти контрольного варіанту досліду відповідно до норм біофунгіциду на 5,1; 5,9 та 7,5 см²/рослину.

Найбільш ефективним серед усіх варіантів досліду щодо формування розмірів листкової поверхні виявилось використання Бактофіту по фоні обробки насіння Меланорізом, що сприяло збільшенню листкового апарату культури порівняно з контролем на 8,0–11,7 см²/рослину відповідно до норм біофунгіциду.

Аналогічна закономірність між видом і способом застосування МБП відмічалась і в наступні роки досліджень. Найбільшу площу листкового апарату було відмічено за використання Бактофіту по фоні обробки насіння Меланорізом, що перевищувало контроль на 7,8–11,2 у 2022 році та на 7,6–8,5 см²/рослину – у 2023 році відповідно до норм застосування Бактофіту.

Позитивний вплив МБП на наростання площі листкового апарату тритикале озимого був зумовлений сумарною дією чинників: фітоценотичного, що полягав у покращенні ростових процесів; фізіолого-біохімічного, який реалізувався через біологічно активні речовини, що синтезуються мікроорганізмами та завдяки яким покращувався фітосанітарний стан посівів, підвищувалась функціональна активність і продуктивність листкового апарату.

За визначення вмісту фотосинтетичних пігментів у фазі появи прапорцевого листка, у середньому за роки досліджень, за передпосівної обробки насіння тритикале озимого мікробними препаратами Меланоріз та Біозлак простежувалася тенденція до збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів, зокрема, вміст хлорофілу *a* проти контрольного варіанту збільшувався на 0,14 і 0,12 відповідно; хлорофілу *b* – на 0,04 і 0,03; суми хлорофілів (*a+b*) – на 0,17 і 0,15 мг/г сирової речовини (рис. 1).

Обробка посівів тритикале озимого Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га сприяла посиленню накопичення фотосинтетичних пігментів. Так, порівняно з контрольним варіантом досліду вміст хлорофілу *a* підвищувався на 0,13; 0,19 і 0,28; хлорофілу *b* – на 0,03; 0,04 і 0,06; суми хлорофілів (*a+b*) – на 0,16; 0,23 і 0,34 мг/г сирової речовини відповідно до норм біофунгіциду.

Більшу ефективність щодо накопичення пігментів виявила бактеризація насіння тритикале озимого мікробними препаратами з наступним обприскуванням посівів біофунгіцидом у досліджуваних нормах. Зокрема, застосування Бактофіту на фоні обробки насіння Біозлаком сприяло зростанню вмісту хлорофілу *a* порівняно з контролем на 0,22; 0,34 і 0,42; хлорофілу *b* – на 0,05; 0,08 і 0,9; суми хлорофілів (*a+b*) – на 0,27; 0,41 і 0,51 мг/г сирової речовини відповідно до норм Бактофіту.

Серед усіх варіантів досліду найбільш сприятливі умови щодо нагромадження фотосинтетичних пігментів було відмічено за обприскування

посівів Бактофітом (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) на фоні передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого мікробним препаратом Меланоріз.

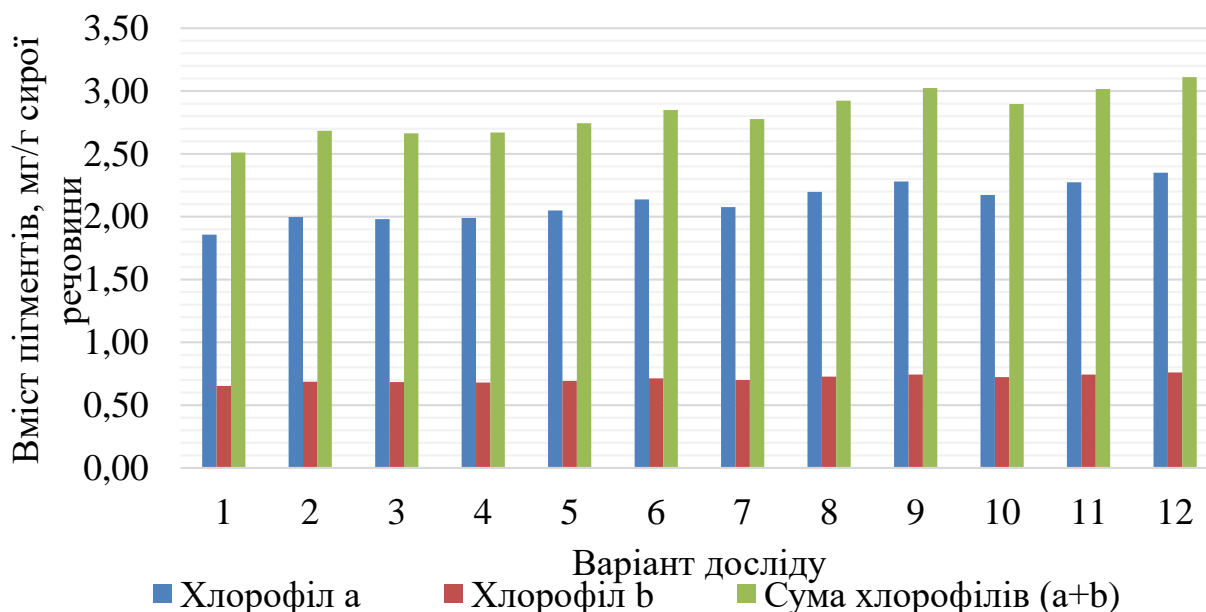


Рис. 1. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у

НІР₀₅ 0,07–0,08 **ви п** НІР₀₅ 0,02–0,03 **истк:** НІР₀₅ 0,10–0,11)

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т;
3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га;
6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га;
9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га.
11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га;
12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

У цих варіантах дослідження простежувалась тенденція до підвищення вмісту хлорофілу *a* проти контролю на 0,31; 0,41 і 0,49; хлорофілу *b* – на 0,07; 0,09 і 0,11; суми хлорофілів (*a+b*) – на 0,39; 0,51 і 0,60 мг/г сировини відповідно до норм біофунгіциду.

Значне зростання вмісту фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого за впливу досліджуваних мікробних препаратів пояснюється впливом біологічно активних речовин, що синтезуються мікроорганізмами, складовими препаратів, безпосередньо на синтез пігментів. Водночас ризосферна мікробіота сприяє покращенню надходження азоту в рослини, який є однією з головних складових зелених пігментів та каротиноїдів.

Висновки. Таким чином, аналіз одержаних експериментальних даних показав, що застосування біологічних препаратів мікробного походження для обробки насіння та посходового внесення значно впливає на формування показників площі листового апарату тритикале озимого та вмісту у ньому хлорофілів, проте найбільш істотні прирости площі листового апарату відмічаються за обприскування посівів Бактофітом по фоні обробки насіння

перед сівбою Меланорізом, де порівняно з контролем площа листків зростала на 21–23 %, вмісту у них хлорофілу *a* – на 17–28 %, хлорофілу *b* – на 9–17 %, суми хлорофілів (*a+b*) – на 15–24 відповідно до норм Бактофіту.

Література:

1. Заєць С. О., Кисіль Л. Б. Фотосинтетична діяльність рослин і врожайність зерна ячменю озимого (*Hordeum vulgare* L.) залежно від сорту, строків сівби та регуляторів росту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. №1–2(11). С. 89–97.
2. Буйна О. І., Буйний О. В., Рогач В. В, Кур'ята В. Г. Вплив регуляторів росту рослин з протилежним напрямком дії на морфогенез, листковий апарат та продуктивність томатів. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 1 (100). С. 14–24.
3. Соколовська-Сергієнко О. Г., Прядкіна Г. О., Капітанська О. С. Активність фотосинтетичного апарату та продуктивність озимої пшениці за обробки хелатованим мікродобривом і стимулятором росту. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. №4. С. 321–329.
4. Когут І. М. Площа листової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин озимої пшениці залежно від попередників та сорту. *Наукові конференції. Соціум. Наука. Культура*. (28–30.01.2014). 2014. Режим доступу до ресурсу: <https://www.int-konf.org/uk/2014/sotsium-nauka-kultura-28-30-01-2014-r/708-kandidat-s-g-nauk-kogut-i-m-ploshcha-listovoji-poverkhni-ta-fotosintetichnij-potentsial-roslin-ozimoji-pshenitsi-zalezno-vid-poperednikiv-ta-sortu-niy-potencal-roslin-ozimoyi-pshenic-zalezno-vdpoperednikv-ta-sortu.html>
5. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Гаврилянчик Р. Ю., Каленчук Я. В., Околюдько Ю. В. Агроекологічні особливості формування фотосинтетичних показників квасолі звичайної. *Вісник Черкаського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 204. С. 131–136.
6. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А. Формування площі листкового апарату й урожайності посівів гречки в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №1. 17–20.
7. Каленська С. М., Новицька Н. В., Джемесюк О. В. Формування площі листової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. №3. С. 6–10.
8. Roca M., Chen K., Pérez-Gálvez A. Chlorophylls. Handbook on natural pigments in food and beverages. 2016. P. 125–158.
9. Kutasy E., Csajbók J., Hunyadi Borbély E. Relations between yield and photosynthetic activity of winter wheat varieties. *Cereal research communications*. 2005. Vol. 33, № 1. P. 173–176.
10. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 79–87.
11. Господаренко Г. М., Любич В. В., Черно О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. №1. С. 32–36.

12. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

References:

1. Zaiets, S. O., Kysil, L. B. (2019). Photosynthetic activity of plants and grain yield of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) Depending on the variety, sowing dates and growth regulators. *Biological Resources & Nature Management*, no. 11, pp. 89–97. (in Ukrainian).
2. Buina, O. I., Buinyi, O. V., Rogach, V. V., Kuryata, V. G. (2018). Influence of plant growth regulators with the reverse effect on morphogenesis, leaf apparatus and productivity of tomatoes. *Taurian Scientific Bulletin*, no. 100, pp. 14–24. (in Ukrainian).
3. Sokolovska-Sergiienko, O. G., Priadkina, G. O., Kapitanska, O. S. (2015). Activity of photosynthetic apparatus and productivity in winter wheat treated by chelated microfertilizer and growth stimulator. *Plant physiology and genetics*, no. 4, pp. 321–329. (in Ukrainian).
4. Kogut, I. M. (2014). Leaf surface area and photosynthetic potential of winter wheat plants depending on the predecessors and variety. *Scientific conferences. Society. Science. Culture*. Odesa, 2014. Available at <https://www.int-konf.org/uk/2014/sotsium-nauka-kultura-28-30-01-2014-r/708-kandidat-s-g-nauk-kogut-i-m-ploshcha-listovoji-poverkhni-ta-fotosintetichnij-potentsial-roslin-ozimoji-pshenitsi-zalezho-vid-poperednikiv-ta-sortu> (Accessed October 28, 201123). (in Ukrainian).
5. Ovcharuk, V. I., Ovcharuk, O. V., Gavrilyanchyk, R. Yu., Kalenchuk, Y. V., Okolodko, Yu. V. (2011). Agroecological features of the formation of photosynthetic indicators of common beans. *Bulletin of Cherkasy University*, no. 204, pp. 131–136. (in Ukrainian).
6. Karpenko, V. P., Prytulyak, R. M., Datsenko, A. A. (2020). The formation of leaf area and yield of buckwheat crops under the conditions of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, no. 1, pp. 17–20. (in Ukrainian).
7. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Dzhemesyuk, O. V. (2016). Formation of leaf surface under the influence of soybean inoculation and feed. *Bulletin of Poltava SAA*, no. 3, pp. 6–10. (in Ukrainian).
8. Roca M., Chen K., Pérez-Gálvez A. (2016). Chlorophylls. Handbook on natural pigments in food and beverages, pp. 125–158.
9. Kutasy, E., Csajbók, J., Hunyadi Borbély, E. (2005). Relations between yield and photosynthetic activity of winter wheat varieties. *Cereal research communications*, no. 1, pp. 173–176.
10. Karpenko, V. P., Boiko, Y. O. (2019). Status of the pigment system of winter pea under the use of herbicide MaxiMox, plant growth regulator Agriflex Amino and microbial product Optimize Pulse. *Taurian Scientific Bulletin*, no. 106, pp. 79–87. (in Ukrainian).
11. Hospogarenko, H. M., Liubych, V. V., Chernov, O. D. (2022). Influence of limestone and mineral fertilizers on yield of winter wheat on chernozem podzolic. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, no. 1, pp. 32–36. (in Ukrainian).

12. Hrytsaenko, Z. M., Hrytsaenko, A. O., Karpenko, V. P. (2003). Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. K.: Nichlava CJSC, 320 p. (in Ukrainian).

Annotation

Karpenko V. V.

Formation the area of leaf apparatus and pigment content in plants of winter triticales under the using of biological preparations

The purpose of the article is to determine the changes in the formation of the area of the leaf apparatus of winter triticales and the content of chlorophyll in it due to the use of biological preparations of microbial origin.

Methods. *Field, laboratory, measurement, calculation and comparison, statistical analysis.*

The results. *It was established that in the phase of the appearance of the flag leaf in 2021, with the pre-sowing treatment of winter triticales seeds with Melanoriz and Biozlak, the area of triticales leaves exceeded the control indicators by 3,7 and 2,2 cm²/plant, respectively. With the application of Bactophyt at the rates of 2,0–3,0 l/ha, a tendency to increase the area of the leaf apparatus relative to the control by 2,4–7,0 cm²/plant was observed, in accordance with the biofungicide rates.*

The application of the given norms of Bactophyte against the background of seed bacterization with Biozlak and Melanorhiz had a much more active effect on the formation of the leaf apparatus, which contributed to the increase in the area of leaves compared to the control variant of the experiment in accordance with the norms of the biofungicide by 5,1–11,7 cm²/plant in accordance with the norms of the biofungicide. A similar regularity between the type and method of application of MBP was noted in subsequent years of research.

When determining the content of photosynthetic pigments in the phase of the appearance of a flag leaf during the pre-sowing treatment of winter triticales seeds with Melanoriz and Biozlak, a tendency to increase the content of pigments was observed, in particular, the content of chlorophyll a compared to the control increased by 0,14 and 0,12, respectively; chlorophyll b – by 0,04 and 0,03; the amount of chlorophylls (a+b) – by 0,17 and 0,15 mg/g of raw substance.

Treatment of crops with Bactophyt at rates of 2,0–3,0 l/ha contributed to the increase in the accumulation of photosynthetic pigments. Thus, compared to the control version of the experiment, the content of chlorophyll an increased by 0,13–0,28; chlorophyll b – by 0,03–0,06; the amount of chlorophylls (a+b) – by 0,16–0,34 mg/g of raw substance in accordance with biofungicide norms.

Bacterization of winter triticales seeds with microbial preparations followed by spraying crops with a biofungicide showed greater efficiency in terms of pigment accumulation.

Conclusions. *The most significant increases in the area of the leaf apparatus were noted for spraying crops with Bactophyte against the background of seed treatment before sowing with Melanorhiz, where, compared to the control, the leaf area increased by 21–23%, the content of chlorophyll a – by 17–28 %, chlorophyll b – by 9–17 %, the sum of chlorophylls (a+b) – by 15–24 % according to Bactophyte norms.*

Key words: *leaf area, pigment content, biological preparations, winter triticales.*