

РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.111.1

Мікоризоутворюючі препарати та їхній симбіоз із рослинами пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.)

С. Г. Димитров¹, В. Т. Саблук², М. В. Тищенко², В. М. Смірних²

¹Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: dimitrovu@i.ua

²Інститут біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України, вул., Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

Мета. Визначити вплив передпосівного нанесення везикулярних-арбоскулярних мікоризних та бактеріальних препаратів на насіння пшениці м'якої озимої на морфологічні особливості рослин (висоту, габітус), формування генеративних органів та урожайність. **Методи.** Польові, лабораторні та статистичні. **Результати.** За використання мікоризоутворюючих препаратів отримано позитивні результати щодо їх впливу на ріст та розвиток рослин і формування врожаю пшениці м'якої озимої. Зокрема, площа листкової поверхні у варіантах з препаратами Мікофренд і Флоробацилін за обліків на 30, 60, 90 і 120 дні вегетації була на 1,5–10,9 % більшою порівняно з контролем. Так само маса листків і кореневої системи переважала показники контролю відповідно на 3,7–29,6 %. Висота рослин у ці терміни обліків була на 5,6–15,4 %, кількість продуктивних стебел на 0,6–1,3 %, і кількість у колосі колосків на 5,9–7,9 % були більшими ніж у контролі. Крім того, у цих варіантах підвищувалось вологоутримуюча здатність ґрунту на 2–8 %, частка грудочок ґрунту розміром більше 1 мм зменшилась на 2,5–4,9 %, зменшилась ураженість рослин кореневими гнилями на 1,4–2,6 %, борошнистою рососою на 0,3–0,6 %, бурою іржею на 0,9–1,9 % порівняно з контролем. Урожайність зерна пшениці м'якої озимої у варіантах з мікоризуючими препаратами була на 0,32–0,85 т/га вищою ніж у контролі. Водночас слід визначити, що застосування ВАМ препарату Мікофренд за передпосівної обробки ним насіння цієї культури забезпечує кращу ефективність у впливі на ріст та розвиток рослин і продуктивність рослин. **Висновки.** Використання мікоризоутворюючих препаратів Мікофренду і Флоробациліну за передпосівного нанесення їх на насіння сприяють покращенню росту та розвитку рослин пшениці м'якої озимої та підвищенню їх продуктивності.

Ключові слова: везикулярно-арбискулярні мікоризуючі препарати (ВАМ-препарати); обводненість листків; вологоутримуюча здатність ґрунту; чиста продуктивність фотосинтезу; фотосинтетичний потенціал; агрегатний склад ґрунту; висота рослин.

Вступ

Однією із світових проблем у XXI ст. є глобальна енергетична криза. У зв'язку з цим важливого значення набувають біологічні та сільськогосподарські дослідження, які направлені на поліпшення стабільності сільськогосподарського виробництва і зниження його втрат [1]. Зміни водного балансу рослин обумовлено нестійкістю різних факторів середовища, що відтворюється на інтенсивності проходження фізіологічних процесів, які визначають формування врожаю і його якості [2].

Для ефективного росту і розвитку рослин пшениці м'якої озимої використовують симбіотичні мікроорганізми з різною домінуючою функцією: азотфіксацією, фосфатмобілізацією, захистом від фітопатогенів тощо, що сприяє покращенню живлення та зменшенню пестицидного навантаження на агроценози [3, 4].

Серед мікроорганізмів особливе місце належить грибам арбускулярної мікоризи (АМ), які мають багатофункціональний характер впливу на рослини. Вони передусім сприяють збільшенню поглинальної здатності кореневої системи, що підсилює інтенсивність засвоєння сполук біогенних елементів і послаблює негативний вплив посухи та засолення ґрунтів [5].

Для рослин вода є найважливішим ресурсом і умовою існування. Водне середовище необхідне для протікання всіх типів біохімічних реакцій, які мають місце в рослинах. Крім того, вода у вигляді розчину забезпечує тургор живих клітин, потрібний для їхнього нормального функціонування. Вміст її у клітинах з активними процесами життєдіяльності може досягати 70–95 %. Вода є субстратом для фотосинтезу, бере участь у диханні, метаболітичних, гідролітичних і синтетичних процесах [6].

Інтенсивність фотосинтезу збільшується при наявності смоктальної сили в клітині. Зменшення вмісту води викликає цілий ряд біохімічних реакцій в рослині, що природно, позначається на протіканні фотосинтезу. При незначній втраті води, як це встановила В. Н. Бриліант, відбувається деяке збільшення інтенсивності фотосинтезу. Це явище одержало назву «феномен Бриліант». Подальше обезводнення позначається вже несприятливо на процесі фотосинтезу. Справа в тому, що при 100 % обводненості клітин смоктальна сила зникає, щоб вона виникала необхідна незначна втрата води. Оптимальний ступінь насичення клітини водою становить 90–85 % [7].

В усіх зелених рослин тільки частина сонячної енергії, що поглинається, витрачається на фотосинтез, але велика її частка просто нагріває листки рослин. Їх перегрівання у сонячні літні дні до критичної температури у 60–70 °С, за якої коагулюють білки, є дуже небезпечним. Перешкоджає йому випаровування води з поверхні листя – транспірація. За рахунок цього фактору температура листків знижується, оскільки випаровування 1 г води (за температури 30 °С) знижує на 1° температуру 500 г листків. Тому випаровування води рослинами є ефективним механізмом їх самоохолодження шляхом переведення води з рідкого стану в пароподібний [8].

Рослина починає витрачати вологу з моменту проростання насіння. Проте витрата вологи на даному етапі в цілому незначна. Багато вологи рослина починає вбирати після появи сходів, причому майже вся волога йде на випаровування (транспірацію). У процесі фотосинтезу використовується не більше 1,0–1,5 % від усієї вологи, що витрачає рослина [9].

У листках температурозалежних рослин є синтез і стійкість хлорофілу. За нестачі води біосинтез хлорофілу загальмовується. У посуху часто відбувається руйнація хлорофілу. Пожовтіння листків за сильних посух є звичайним зовнішнім проявом водного дефіциту [10].

Опосередкована дія високих температур пов'язана зі зниженням інтенсивності фотосинтезу, непродуктивним збільшенням дихання, порушенням водного режиму, посиленою транспірацією, що викликає суттєве витрачання вуглеводів і пригнічення росту рослин. Стрессова дія посухи и недостатня аерація ґрунту індукують зниження вмісту води в тканинах рослин, що призводить до уповільнення або припинення їх росту, побуріння, засихання та опадання листків. Водночас відбувається масове відмирання дрібних коренів і гальмування приростів, як за дії посухи, так і після неї [11].

Вологість ґрунту чинить значний вплив на діяльність коренів із поглинання води. Підвищення вологості ґрунту супроводжується збільшенням поглинання води. Відбувається це завдяки активній діяльності осмотичного механізму. Проте не вся вода ґрунту доступна для рослин. Низка мінералів ґрунту і гумус зв'язують воду і вона не може поглинатися коренями рослин. Цю частину води називають недоступною. Співвідношення доступної і недоступної води у ґрунтах різного механічного складу визначає його вологозабезпечення.

Використання мікоризоутворюючих препаратів сприяє кращому вологозабезпеченню рослин, а від так і поживними речовинами.

Мета досліджень – визначити вплив нанесення везикулярних-арбускулярних мікоризних та бактеріальних препаратів на насіння пшениці м'якої озимої на морфологічні особливості рослин (висоту, габітус), формування генеративних органів та урожайності.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили з пшеницею м'якою озимою *Triticum aestivum* L. 'Есенія'. Досліди закладались в Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України в умовах Веселоподільської дослідно-селекційної станції, яка знаходиться на Лівобережжі Дніпра в зоні типового Лісостепу. Ґрунтовий покрив відзначається строкатістю. Переважають такі ґрунти: чорноземи солонцюваті, чорноземи залишково слабосолонцюваті, чорноземи глибоко слабосолонцюваті, всього в ВПДСС виявлено 32 ґрунтові відміни. ВПДСС розташована в західній частині Полтавської області в центральному середньозволоженому агрокліматичному районі з м'яким континентальним кліматом, з нестійким зволоженням, холодною зимою і жарким, а іноді і сухим літом.

Для дослідів використовували препарат везикулярно-арбоскулярної мікоризації «Мікофренд» та препарат на основі бактерій роду *Bacillus* «Флоробацілін». Препарат Флоробацілін – біофунгіцид, регулятор росту рослин, має азотфіксуючі та фосфатмобілізуючі властивості. Діюча речовина – споруутворююча аеробна бактерія *Bacillus subtilis*, яка має ростостимулюючі, фунгіцидні та азотфіксуючі властивості. Препарат Мікофренд – комплексний мікоризоутворюючий препарат для живлення рослин та їх захисту від хвороб. Діюча речовина – мікоризоутворюючі гриби *Glomus* VS та *Trichoderma harzianum*.

У відповідність з програмою дослідження визначали обводненість листків рослин пшениці м'якої озимої на 30, 60, 90 і 120 дні вегетації, масу листків і кореневої системи, площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу, вологоутримуючу здатність ґрунту та його агрегатний стан, ураженість рослин хворобами та врожайність.

Зокрема, для встановлення рівня обводненості листків рослин пшениці м'якої озимої проводили збір листків через 30, 60, 90 та 120 днів вегетації. Відбирали по 100 листків у кожному варіанті (по 25 листків з кожного ярусу) і не пізніше години зважували на лабораторних вагах. Усі отримані дані оброблені з використанням методів статистичного обрахунку [12, 13].

Для визначення маси кореневої системи рослин пшениці м'якої озимої відбирали на захисній смузі по 50 рослин у ці ж терміни. На кожній повторності відрізали кореневу систему до кореневої шийки, очищали від землі, промивали водою, висушували упродовж 1 години, зважували на лабораторних вагах.

Площу листової поверхні пшениці м'якої озимої також визначали на 30, 60, 90, 120 день вегетації рослин за методикою Нечипуровича А. О. [14], а також використовуючи при цьому програмне забезпечення «Petiole».

Висоту рослин визначали у ці ж терміни. Для цього відбирали по 50 рослин на кожній повторності і за допомогою мірної лінійки їх вимірювали.

Фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу визначали за методикою Нечипуровича А. О. [14].

Визначали елементи структуру врожаю пшениці м'якої озимої. У весняний період (друга половина квітня – початок травня) визначали кількість продуктивних стебел на кожній повторності. Для цього на двох паралельних рядках довжиною в 1 м підраховували кількість продуктивних стебел на всіх рослинах і визначали цей показник у середньому на одній рослині. У період визрівання зернівок (молочна стиглість) встановлювали кількість колосків в одному колосі і визначали цей показник у середньому на 1 колос.

Встановлювали вологоутримуючу здатність ґрунту за використання мікоризуючого та бактеріального препарату. Для цього на кожній повторності через 30, 60, 90 і 120 днів вегетації рослин відбирали по одному зразку ґрунту на глибині 30 см у бюветі і визначали його водоутримуючу здатність. На лабораторних вагах кожний бювет з ґрунтом ретельно зважували і поміщали у сушильну шафу за температури 100 °С на 5 хв і повторно зважували. За різницею у масі землі до висушування і після цього встановлювали вологоутримуючу здатність ґрунту.

Встановлювали агрегатний стан ґрунту. Для цього на кожній повторності відбирали 100–150 г ґрунту, зважували на лабораторних вагах і просівали на ситах діаметром 1,0 мм і визначали частку грудочок більше 1,0 мм, у його загальній масі. Визначали ураженість рослин пшениці м'якої озимої хворобами за їх поширеністю та розвитком. Зокрема, для встановлення ураженості рослин кореневими гнилями на захисних смугах у весняній період відбирали (кінець квітня – перша половина травня) на кожній повторності по 10 рослин, ретельно їх викопували, звільняли кореневу систему від землі методом струшування і оглядаючи візуально визначали їх ураженість хворобою. Так само у цей період на цих же рослинах визначали їх ураженість септоспоріозом листя, борошнистою росою та бурюю іржею.

Результати досліджень

Отримані дані за 2017–2019 рр. свідчать про те, що мікоризоутворюючі препарати з симбіозом із рослинами пшениці м'якої озимої забезпечують перевищення всіх показників, які досліджувались порівняно з контролем. Зокрема, відмічається значне збільшення обводненості листків пшениці у продовж усіх чотирьох обрахунків на всіх термінів обрахунків була більшою ніж у контролі (табл. 1).

Так, маса 100 листків пшениці через 30 днів вегетації у варіанті з Мікофрендом була на 0,8 г, а Флоробациліна на 0,1 г більшою порівняно з контролем. У більш пізні періоди вегетації ці показники становили 0,9 і 0,4 г, 1,3 та 0,5; 1,8 і 0,9 г відповідно або в відносних величинах це дорівнювало 29,6 і 3,7 %; 21,9 і 9,3 %; 18,8 і 7,2 % та 11,0 і 5,5 %.

Таблиця 1

Маса листків рослин пшениці м'якої озимої залежно від використання мікоризоутворюючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Маса 100 листків | | | | | | |
|---------------|------------------|-----------|---------------|------|--------------|---------------|-----|
| | контроль, г | мікофренд | | | флоробацилін | | |
| | | г | ± до контролю | | г | ± до контролю | |
| | | | г | % | | г | % |
| 30 | 2,7 | 3,5 | +0,8 | 29,6 | 2,8 | +0,1 | 3,7 |
| 60 | 4,3 | 5,2 | +0,9 | 20,9 | 4,7 | +0,4 | 9,3 |
| 90 | 6,9 | 8,2 | +1,3 | 18,8 | 7,4 | +0,5 | 7,2 |
| 120 | 16,3 | 18,1 | +1,8 | 11,0 | 17,2 | +0,9 | 5,5 |

Подібна тенденція відмічається щодо маси кореневої системи рослин пшениці м'якої озимої за використання мікоризоутворюючих препаратів. Як свідчать дані *таблиці 2*, цей показник у всі терміни облік перевищує контрольні на 2,4–13,1 %, що в свою чергу сприяє рослинам цієї культури у кращій забезпеченості їх вологою та поживними речовинами і таким чином конкурувати з бур'янами за використання сонячної енергії і засобів існування.

Таблиця 2

Маса кореневої системи рослин пшениці м'якої озимої залежно від використання мікоризоутворюючих препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Маса кореневої системи, г/50 рослин | | | | | | |
|---------------|-------------------------------------|-----------|---------------|------|--------------|---------------|-----|
| | контроль, г | мікофренд | | | флоробацилін | | |
| | | г | ± до контролю | | г | ± до контролю | |
| | | | г | % | | г | % |
| 30 | 5,4 | 6,1 | +0,7 | 12,9 | 5,8 | +0,4 | 7,4 |
| 60 | 7,3 | 7,8 | +0,5 | 6,8 | 7,6 | +0,3 | 4,1 |
| 90 | 12,6 | 13,4 | +0,8 | 6,3 | 12,9 | +0,3 | 2,4 |
| 120 | 19,8 | 22,4 | +2,6 | 13,1 | 21,7 | +1,9 | 9,6 |

Площа листової поверхні рослин пшениці м'якої озимої переважає показники контролю у варіантах з препаратами Мікофренд і Флоробацілін. На ділянках з використанням препарату Мікофренд площа листової поверхні рослин становила 19,0–56,6 тис. м²/га. За використання препарату Флоробацілін площа листової поверхні рослин дорівнювала 18,7–54,1 тис. м²/га. У відносних величинах різниця у цих показниках становила відповідно 4,4–10,3 % і 1,7–5,5 % (табл. 3).

Таблиця 3

Площа листової поверхні пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Площа листової поверхні | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------|-------------------------|-------------------------|-----|--|
| | контроль, тис. м ² /га | мікофренд | | | | флоробацілін | | |
| | | тис. м ² /га | ± до контролю | | тис. м ² /га | ± до контролю | | |
| | | | тис. м ² /га | % | | тис. м ² /га | % | |
| 30 | 18,2 | 19,0 | 0,8 | 4,4 | 18,7 | 0,5 | 2,7 | |
| 60 | 22,6 | 24,8 | 2,2 | 9,8 | 23,2 | 0,6 | 2,7 | |
| 90 | 48,9 | 51,9 | 2,0 | 6,1 | 50,6 | 1,7 | 3,5 | |
| 120 | 51,3 | 56,6 | 5,3 | 10,3 | 54,1 | 2,8 | 5,5 | |

Так само у варіантах з препаратами Мікофренд і Флоробацілін переважають і показники висоти рослин порівняно з контролем. Зокрема, за використання препарату Мікофренд висота рослин знаходилась в діапазоні: від 15,0 до 101,0 см, а за використання препарату Флоробацілін від 15,0 до 98,0 см. Перевищення показнику контролю становить відповідно 7,1–12,2 % і 5,6–8,9 % (табл. 4).

Таблиця 4

Висота рослин пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Висота рослин | | | | | | | |
|---------------|---------------|-----------|---------------|------|----|---------------|-----|--|
| | контроль, см | мікофренд | | | | флоробацілін | | |
| | | см | ± до контролю | | см | ± до контролю | | |
| | | | см | % | | см | % | |
| 30 | 14 | 15 | 1,0 | 7,1 | 15 | 1,0 | 7,1 | |
| 60 | 18 | 19 | 1,0 | 5,6 | 19 | 1,0 | 5,6 | |
| 90 | 39 | 45 | 6,0 | 15,4 | 42 | 3,0 | 7,7 | |
| 120 | 90 | 101 | 11,0 | 12,2 | 98 | 8,0 | 8,9 | |

Важливим елементом впливу мікоризуючих препаратів на ріст та розвиток рослин пшениці м'якої озимої є її фотосинтетичний потенціал та продуктивність фотосинтезу у різні періоди органогенезу. Як видно з результатів дослідження (табл. 5 і 6) ці показники у варіантах з препаратами Мікофренд і Флоробацілін переважають контрольні, що є основною підвищення продуктивності культури.

Таблиця 5

Фотосинтетичний потенціал рослин пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Фотосинтетичний потенціал | | | | | | | |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|---------------------------|---------------------------|-----|--|
| | контроль, млн м ² діб/га | мікофренд | | | | флоробацілін | | |
| | | млн м ² діб/га | ± до контролю | | млн м ² діб/га | ± до контролю | | |
| | | | млн м ² діб/га | % | | млн м ² діб/га | % | |
| 30 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,0 | 0,03 | 0,00 | 0,0 | |
| 60 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,0 | 0,04 | 0,00 | 0,0 | |
| 90 | 0,06 | 0,08 | 0,02 | 3,3 | 0,07 | 0,01 | 1,7 | |
| 120 | 0,18 | 0,20 | 0,02 | 1,1 | 0,19 | 0,01 | 0,6 | |

Так, у варіантах з цими препаратами на 60 і 120 дні вегетації чиста продуктивність фотосинтезу і фотосинтетичний потенціал рослин пшениці м'якої озимої були більшими на 0,6–3,3 та 0,5–2,2 % за контрольні, що в свою чергу сприяло формуванню більшої їх продуктивності.

Таблиця 6

Чиста продуктивність фотосинтезу рослин пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Чиста продуктивність фотосинтезу | | | | | | |
|------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----|-----------------------------|--------------------------|-----|
| | контроль, г/м ² за добу | мікофренд | | | флоробацилін | | |
| | | г/м ² за добу | ± до контролю | | г/м ² за добу | ± до контролю | |
| | | | г/м ² за добу | % | | г/м ² за добу | % |
| 30 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,0 | 0,04 | 0,00 | 0,0 |
| 60 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,0 | 0,05 | 0,00 | 0,0 |
| 90 | 0,09 | 0,11 | 0,02 | 2,2 | 0,10 | 0,01 | 1,1 |
| 120 | 0,24 | 0,27 | 0,03 | 1,3 | 0,25 | 0,01 | 0,5 |

У процесі дослідження отримано також позитивні результати впливу мікоризоутворюючих препаратів на формування кількості продуктивних стебел та кількості колосків у колосі. Як видно з даних *таблиці 7* ці показники у варіантах з Мікофрендом та Флоробациліном відповідно на 0,6–1,3 і 5,0–7,9 % більшими від контрольних, що також позитивно позначилося на отриманні вищої врожайності зерна культури порівняно з ділянками, де ці препарати не застосовувалися.

Таблиця 7

Елементи врожаю пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Показники | Мікоризоутворюючі препарати | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------|---------------|------|--------------|---------------|------|
| | контроль, шт. | мікофренд | | | флоробацилін | | |
| | | шт. | ± до контролю | | шт. | ± до контролю | |
| | | | шт. | % | | шт. | % |
| Кількість продуктивних стебел, шт./рослина | 1,6 | 1,8 | +0,2 | +1,3 | 1,7 | +0,1 | +0,6 |
| Кількість колосків у колосі, шт./колос | 15,2 | 16,4 | +1,2 | +7,9 | 16,1 | +0,9 | +5,9 |

Крім досліджень щодо впливу використання мікоризоутворюючих препаратів на ріст та розвиток рослин пшениці м'якої озимої нами визначалось вологоутримуюча здатність ґрунту та його агрегатний стан у посівах цієї культури. Встановлено, що у варіанту з даними препаратами вологоутримуюча здатність ґрунту була на 2,0–8,0 % вищою ніж у контролі, а частка грудочок розміром більше 1 мм на 2,5–4,9 % меншою (*табл. 8, 9*).

Таблиця 8

Вологоутримуюча здатність ґрунту за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів у посівах пшениці м'якої озимої (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Дні вегетації | Запас продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–30 см | | | | | | |
|------------------|---|-----------|---------------|-----|--------------|---------------|-----|
| | контроль, мм | мікофренд | | | флоробацилін | | |
| | | мм | ± до контролю | | мм | ± до контролю | |
| | | | мм | % | | мм | % |
| 30 | 28,0 | 30,0 | 2,0 | 7,1 | 29,0 | 1,0 | 4,0 |
| 60 | 50,0 | 54,0 | 4,0 | 8,0 | 51,0 | 1,0 | 2,0 |
| 90 | 36,0 | 39,0 | 3,0 | 8,0 | 37,0 | 1,0 | 3,0 |
| 120 | 12,0 | 13,0 | 1,0 | 8,0 | 12,0 | 0,0 | 0,0 |

Ці показники свідчать про те, що під впливом препаратів Мікофренд і Флоробацилін змінюється агрегатний стан ґрунту і його вологоутримуюча здатність. З літературних джерел відомо [16–18], що ці зміни відбуваються у першу чергу за рахунок створення міцеальної сітки і утворення клеючого компонента глікопротеїну-гломатину.

Таблиця 9

Агрегатний стан ґрунту за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів у посівах пшениці м'якої озимої (ВПДСС, 2018–2019 рр.)

| Дні вегетації | Частка грудочок ґрунту розміром більше 1,0 мм у загальній його масі, % | | | | |
|---------------|--|-----------|---------------|--------------|---------------|
| | контроль, % | мікофренд | | флоробацилін | |
| | | % | ± до контролю | % | ± до контролю |
| 30 | 41,6 | 38,2 | -3,4 | 39,1 | -2,5 |
| 60 | 52,4 | 48,1 | -4,3 | 49,2 | -3,2 |
| 90 | 55,8 | 50,9 | -4,9 | 52,5 | -4,9 |
| 120 | 53,5 | 49,3 | -4,2 | 50,9 | -2,6 |

Ураженість рослин пшениці м'якої озимої хворобами за використання препаратів Мікофренд і Флоробацилін була дещо нижчою ніж у контролі. Зокрема, на ділянках з використанням препарату Мікофренд ураженість рослин хворобами за їх поширеністю була на 1,8–4,8 %, а за розвитком на 0,6–2,1 % меншими ніж у контролі, а за використання препарату Флоробацилін ці показники були відповідно на 1,4–3,2 % і 0,3–1,4 % меншими порівняно з контролем. Ці дані свідчать про те, що використання мікоризоутворюючих препаратів сприяє підвищенню імунітету рослин до таких небезпечних хвороб, як кореневі гнилі, борошниста роса та іржа (табл. 10).

Таблиця 10

Ураженість рослин хворобами у посівах пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 рр.)

| Хвороби | Ураженість рослин хворобами, % | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------------|----------|-----------|-------------|----------|--------------|-------|-------------|----------|-------------|
| | контроль | | мікофренд | | | флоробацилін | | | | |
| | пошир | розвиток | пошир | ± до контр. | розвиток | ± до контр. | пошир | ± до контр. | розвиток | ± до контр. |
| Кореневі гнилі | 15,5 | 6,7 | 10,7 | -4,8 | 4,6 | -2,1 | 12,3 | -3,2 | 5,3 | -1,4 |
| Септоріоз листя | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Борошниста роса | 7,4 | 3,2 | 5,6 | -1,8 | 2,4 | -0,6 | 6,8 | -0,4 | 2,9 | -0,3 |
| Бура іржа листя | 22,4 | 9,7 | 18,1 | -4,3 | 7,8 | -1,9 | 20,3 | -2,1 | 8,8 | -0,9 |

Урожайність зерна пшениці м'якої озимої за використання мікоризоутворюючих препаратів Мікофренд і Флоробацилін вища від показників контролю відповідно на 0,67 і 0,47 т/га за показників $HP_{0,05}$ 0,32 (табл. 11).

Таблиця 11

Урожайність пшениці м'якої озимої за використання мікоризуючого та бактеріального препаратів (ВПДСС, 2017–2019 р.)

| Роки | Урожайність, т/га | | | | |
|-------------|-------------------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| | контроль, т/га | мікофренд | | флоробацилін | |
| | | т/га | ± до контролю | т/га | ± до контролю |
| 2017 | 5,10 | 5,86 | +0,85 | 5,63 | +0,62 |
| 2018 | 4,17 | 4,67 | +0,50 | 4,49 | +0,32 |
| 2019 | 4,60 | 5,10 | +0,5 | 4,92 | +0,32 |
| Середня | 4,62 | 5,21 | +0,59 | 5,01 | +0,39 |
| $HP_{0,05}$ | | | 0,32 | | |

Висновки

Використання мікоризоутворюючих препаратів Мікофренду і Флоробациліну за передпосівного нанесення їх на насіння сприяють покращенню росту та розвитку рослин пшениці м'якої озимої та підвищенню їх продуктивності.

Використана література

1. Романенко С. М. Актуальні питання забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарської продукції та реалізації законодавства про органічне виробництво. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 23 квітня 2015 р.). Житомир : Полісся, 2015. С. 186–194.
2. Маменко Т. П., Ярошенко Е. А., Якимчук Р. А. Водный статус и продуктивность озимой пшеницы при действии засухи и салициловой кислоты. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2009. № 5, Т. 41. С. 447–453.
3. Дидович С. В., Зотов В. С., Турина Е. Л. и др. Эффективность агроценозов бобовых культур. *Сборник научных трудов SWorld*. 2015. Вып. 1. Т. 24. С. 22–25
4. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Кавалевська Т. М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
5. Smith S. E. Mycorrhizal symbiosis. Read. (3rd eds). London: Academic Press, 2008. 815 p.
6. Ковалевський С. Б., Кривохатько Г. А. Посухостійкість та водоутримувальна здатність рослин *Thuja occidentalis* L. та її культиварів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 2. С. 77–80.
7. Розумова С. Г. Екологія рослин з основами ботаніки та фізіології: Конспект лекцій. Одеса, 2013. 119 с.
8. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин / за ред. Ю. А. Злобіна. Суми : Університетська книга, 2015. 271 с.
9. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивності вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 11–14.
10. Присяжнюк О. І., Коровко І. І. Динаміка вмісту хлорофілів у листках цукрових буряків. *Новітні агротехнології*. 2015. № 3. URL: [https://doi.org/10.21498/na.1\(3\).2015.118908](https://doi.org/10.21498/na.1(3).2015.118908)
11. Колесніченко О. В. Анатомо-морфологічна будова листків *Castanea sativa* Mill. як фактор стабілізації водного режиму рослин в умовах посухи. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 5. URL: http://nd.nubip.edu.ua/2015_5/31.pdf
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Царенко О. М. и др. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. Суми : Університетська книга, 2000. 203 с.
14. Красноштан І. В., Скоморох І. М. Загальна обводненість, водний дефіцит, водоутримувальна здатність листків плодкових культур при кореневій гіпоксії. *Природничі науки в системі освіти* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (м. Умань, 26 березня 2015 р.). Умань, 2015. С. 28–30.
15. Ничипоровича А. А., Куперман Ф. М. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений. *Вестник с.-х. наук*. 1966. № 2. С. 1–12.
16. Kough J. L., Molina R., Linderman R. G. Mycorrhizal responsiveness of Thuja, Calocedrus, Sequoia, and Sequoiadendron species of western North America. *Canadian Journal Forest Research*. 1985. Vol. 15, Iss. 6. P. 1049–1054.
17. Newman E. I., Reddell P. The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New Phytologist*. 1987. Vol. 106, Iss. 4. P. 745–751.
18. Wolff J. An evolutionary and behavioral perspective on dispersal and colonization of mammals in fragmented landscapes. *Mammal Community Dynamics: Management and Conservation in the Coniferous Forests of Western North America* / C. Zabel, R. Anthony (eds). Cambridge : Cambridge University Press, 2003. P. 614–630. doi:10.1017/CBO9780511615757.019

References

1. Romanenko, S. M. (2015). Aktualni pytannya zabezpechennya ekologichnoyi bezpeky silskogospodarskoyi produkciyi ta realizaciyi zakonodavstva pro organichne vyrobnyctvo. In *Organichne vyrobnyctvo i prodovolcha bezpeka: mater. III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (Zhytomyr, 23 kvitnya 2015 r.)* (pp. 186–194). Zhytomyr: Polissya. [in Ukrainian]
2. Mamenko, T. P., Jaroshenko, E. A., & Jakimchuk, R. A. (2009). Vodnyj status i produktivnost ozimoy pshenicy pri dejstvii zasuhi i salicilovoj kisloty. *Fiziologija i biohimija kul't. rastenij*, 5(41), 447–453. [in Russian]
3. Didovich, S. V., Zotov, V. S., & Turina, E. L. (2015). Jeffektivnost agrocenozov bobovyh kul'tur. *Sbornik nauchnyh trudov SWorld*, 1, 22–25. [in Russian]
4. Volkogon, V. V., Nadkernychna, O. V., & Kavalevska, T. M. (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriya i praktyka*. Kyiv: Agrarna nauka. [in Ukrainian]
5. Smith, S. E. (2008). *Mycorrhizal symbiosis. Read*. 3rd ed. London: Academic Press.
6. Kovalevskij, S. B., & Kryvochatko, G. A. (2018). Posuxostijkist ta vodoutrymuvalna zdattnist roslin *Thuja occidentalis* L. ta yiyi kul'tyvariv. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrayiny*, 28(2), 77–80. [in Ukrainian]
7. Rozumova, S. G. (2013). *Ekologiya roslin z osnovamy botaniky ta fiziologiyi: Konspekt lekcij*. Odesa: N.p. [in Ukrainian]
8. Sklyar, V. G. (2015). *Ekologichna fiziologiya roslin*. Sumy: Universytetska knyga. [in Ukrainian]
9. Kaminskyj, V. F., & Gangur, V. V. (2018). Dynamika produktyvnosti vology v grunti za vyroshhuvannya pshenyci ozymoyi v sivozminax Livoberezhnogo Lisostepu Ukrayiny. *Visnik Poltavskoyi derzhavnoyi agararnoyi akademiyi*, 3, 11–14. [in Ukrainian]
10. Prysiazhniuk, O. I., & Korovko, I. I. (2015). Dynamic pattern of chlorophyll content in the leaves of sugar beet. *Novitni agrotehnologii [Advanced Agritechnologies]*, 3. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/118908/113250> [in Ukrainian]
11. Kolesnichenko, O. V. (2015). Anatomo-morfologichna budova lystkiv *Castanea sativa* Mill. yak faktor stabilizaciyi vodnogo rezhymu roslin v umovax posuxy. *Naukovi dopovidi Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny.*, 5. Retrieved from http://nd.nubip.edu.ua/2015_5/31.pdf [in Ukrainian]
12. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5th ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
13. Czarenko, O. M. (2000). *Kompyuterni metody v silskomu gospodarstvi ta biologiyi*. [in Ukrainian]
14. Krasnoshtan, I. V., & Skomorox, I. M. (2015). Zagalna obvodnenist, vodnyj deficyt, vodoutrymuvalna zdattnist lystkiv plodovyh kultur pry korenevij gipoksiyi. *Pryrodnychi nauky v sy'stemi osvity: materialy Vseukrayinskoyi naukovo-praktychnoyi Internet-konferenciyi, 26 bereznya 2015 r.* (pp. 28–30). Uman: FOP Zhovtyj O. O. [in Ukrainian]
15. Nichiporovicha, A. A., & Kuperman, F. M. (1966). Fotosintez i voprosy povyshenija urozhajnosti rastenij. *Vestnik s.-h. nauk*, 2, 1–12. [in Russian]
16. Kough, J. L. Molina, R., & Linderman, R. G. (1985). Mycorrhizal responsiveness of Thuja, Calocedrus, Sequoia, and Sequoiadendron species of western North America. *Canadian Journal Forest Research*, 1049–1054.
17. Newman, E. I., & Reddell, P. (1987). The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New Phytologist*, 106(4), 745–751.
18. Wolff, J. (2003). An evolutionary and behavioral perspective on dispersal and colonization of mammals in fragmented landscapes. In C. Zabel, & R. Anthony (Eds.), *Mammal Community Dynamics: Management and Conservation in the Coniferous Forests of Western North America* (pp. 614–630). Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511615757.019

УДК 633.111.1

Димитров С. Г.¹, Саблук В. Т.², Тищенко Н. В.², Смирных В. М.²
 Микоризообразователей препараты и их симбиоз с растениями пшеницы мягкой озимой (*Triticum aestivum* L.) // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2019. Вып. 27. С. 51–61.

¹Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина, e-mail: dimitrovu@i.ua

²Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина

Цель. Определить влияние предпосевной нанесения везикулярных-арбоскулярных микоризных и бактериальных препаратов на семена пшеницы мягкой озимой на морфологические особенности растений (высоту, габитус), формирование генеративных органов и урожайность. **Методы.** Полевые, лабораторные и статистические. **Результаты.** При использовании микоризообразователей препаратов получены положительные результаты относительно их влияния на рост и развитие растений и формирование урожая пшеницы мягкой озимой. В частности, площадь листовой поверхности в вариантах с препаратами Микофренд и Флоробацillin по учетов на 30, 60, 90 и 120 дней вегетации была на 1,5–10,9 % больше по сравнению с контролем. Так же масса листьев и корневой системы преобладала показатели контроля соответственно на 3,7–29,6 %. Высота растений в эти сроки учетов была на 5,6–15,4 %, количество продуктивных стеблей на 0,6–1,3 %, и количество в колосе на 5,9–7,9 % были большими чем в контроле. Кроме того, в этих вариантах повышалась влагоудерживающая способность почвы на 2–8 %, доля комочков почвы размером более 1 мм уменьшилась на 2,5–4,9 %, уменьшилась пораженность растений корневыми гнилями на 1,4–2,6 %, мучнистой росой на 0,3–0,6 %, бурой ржавчиной на 0,9–1,9 % по сравнению с контролем. Урожайность зерна пшеницы мягкой пшеницы в вариантах с микоризирующими препаратами была на 0,32–0,85 т/га выше, чем в контроле. Вместе с тем следует определить, что применение ВАМ препарата Микофренд по предпосевной обработки ним семян этой культуры обеспечивает лучшую эффективность в воздействии на рост и развитие растений и продуктивность растений. **Выводы.** Использование микоризообразователей препаратов Микофренду и Флоробацillin по предпосевной нанесения их на семена способствуют улучшению роста и развития растений пшеницы мягкой озимой и повышению их производительности.

Ключевые слова: везикулярно-арбоскулярни микоризирующи препараты (ВАМ-препараты); обводненность листьев; сельскохозяйственные растений; биоэнергетические растения; общее содержание воды.

UDC 633.111.1

Dymyrov, S. H.¹, Sabluk, V. T.², Tyshchenko, M. V.², & Smirnykh, V. M.² (2019). Mycorrhizal preparations and their symbiosis with soft winter wheat plants (*Triticum aestivum* L.). *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 27, 51–61. [in Ukrainian]

¹Ukrainian Institute of Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: dimitrovu@i.ua

²Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

Purpose. Determine the effect of pre-sowing application of vesicular-arbuscular mycorrhizal and bacterial preparations on soft winter wheat seeds on morphological peculiarities of plants (height, gabitium), formation of generative organs and yield. **Methods.** Field, laboratory, and statistical. **Results.** For the use of mycorrhiza drugs, positive results have been obtained regarding their effects on the growth and development of plants and the formation of the winter wheat crop. In particular, the area of the leaf surface in variants with preparations of Mycoprod and Florobacillin for the account of 30, 60, 90 and 120 days of vegetation was 1,5–10,9 % higher compared with the

control. Similarly, the mass of leaves and root system dominated the control indicators by 3,7–29,6 % respectively. The height of plants in these accounting periods was 5,6–15,4 %, the number of productive stems was 0,6–1,3 %, and the number in the ear was 5,9–7,9 % higher than in the control. In addition, in these variants the moisture-retaining capacity of the soil increased by 2–8 %, the proportion of lumps of soil larger than 1 mm diminished by 2,5–4,9 %, the damage of plants by root rot was reduced by 1,4–2,6 %, flour with dew 0,3–0,6 %, brown rust on 0,9–1,9 % compared to control. The yield of soft winter wheat in variants with mycorrhiza drugs was 0,32–0,85 t/ha higher than in the control. At the same time, it should be determined that the use of VAM by Micofrend for its pre-treatment treatment with seeds of this culture provides better efficiency in the effects on plant growth and development and plant productivity. **Conclusions.** The use of mycorrhiza drugs Micoprand and Florobacillin for preplant application to seeds helps to improve the growth and development of soft wheat plants and increase their productivity.

Keywords: vesicular-arbuscular mycorrhizal preparations (VAM-preparations); watering of leaves; agricultural plants; bioenergetic plants; total water content.

Надійшла / Received 22.09.2019

Погоджено до друку / Accepted 07.11.2019

УДК 631.81.620.952

Енергетична ефективність вирощування сорго зернового за різних систем удобрення

К. Л. Пашинська

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: K.pashynska@gmail.com

Мета. Вивчити вплив мінеральної та альтернативної органо-мінеральної систем удобрення на енергетичну ефективність вирощування сорго зернового. **Методи.** Польовий, аналітичний і статистичний. **Результати.** Наведено результати досліджень щодо впливу систем удобрення на енергетичну ефективність вирощування сорго зернового в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному легкосуглинковому. Установлено, що застосування добрив значно підвищило енергію врожаю сорго зернового, супроводжувалось істотним зростанням енерговитрат і призвело до зниження коефіцієнта енергетичної ефективності порівняно з контролем без добрив. **Висновки.** Сорго зернове показало високу енергетичну ефективність за вирощування в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному легкосуглинковому. На природному фоні родючості рослини сорго зернового формували енергоємність біологічного врожаю – 167 ГДж/га, енерговитрати – 23,4 ГДж/га, K_{ee} – 7,1. Застосування мінеральних добрив істотно підвищило енергоємність врожаю сорго зернового, але внаслідок значного зростання енерговитрат супроводжувалось зниженням енергетичної ефективності його вирощування порівняно з контролем без добрив. За внесення мінеральних добрив 180–360 кг/га за сумою НРК енергоємність врожаю порівняно з контролем без добрив зросла на 18–46 ГДж/га, енерговитрати збільшились – на 8,3–14,7 ГДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності зменшився – на 1,3–1,5 одиниці. Альтернативну органо-мінеральну систему удобрення визначено енергетично продуктивнішою і ефективнішою порівняно з мінеральною. За внесення 4 т/га соломи + 180–360 кг/га НРК коефіцієнт енергетичної ефективності порівняно з внесенням лише мінеральних добрив підвищився на 0,3–0,5 за абсолютних величин 6,1–6,2. Енергетично найефективнішим визначено внесення 4 т/га соломи + $N_{120}P_{120}K_{120}$: енергоємність врожаю – 236 ГДж/га, енерговитрати – 38,8 ГДж/га, K_{ee} – 6,1 з перевагою енергоємності врожаю до контролю без добрив 69 ГДж/га.

Ключові слова: добрива; сорго зернове; енергетична ефективність.