

УДК 631.8

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.2-2/16>**Кричковська Л.В.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Лисак П.Ю.

Навчально-науковий інститут хімічних технологій та інженерії

Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Бобро М.А.

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

Дубоносів В.Л.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РОЗРОБКА РІСТСТИМУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИРОВИНИ

Робота присвячена розробці препаратів із біодобавками для підвищення врожайності зернових культур для харчового виробництва, розробці способів і технологій отримання ефективних препаратів, що містять мікроелементи (мідь, цинк, кобальт та ін.), фізіологічно активні речовини (наноструктури – фулерени, гумати), отриманню нових добрив на їх основі, розробці методу отримання малотоксичних, ефективних детоксикантів для насіння рослин. Важливу роль в оптимізації продукційного процесу відіграє своєчасна передпосівна обробка насінневого матеріалу препаратами, що забезпечують підвищення захисту насіння від шкідників і патогенів, а також збільшення конкурентоспроможності рослин на ранніх етапах розвитку шляхом постачання необхідними джерелами живлення і енергії.

Оскільки регулятори росту рослин позитивно впливають на збільшення врожайності сільськогосподарських культур і на якість сільськогосподарської продукції в процесі обробки рослин препаратами-регуляторами росту, збільшується вміст білка і клейковини в зерні, поліпшуються борошно-хлібопекарські властивості, збільшується вихід сухих речовин, олій з насіння, зростає вміст цукру, вітаміну С, каротину, крохмалю, знижується вміст нітратів. Робота в цьому напрямі є актуальною. Такий напрям сприяє розробці технологій нових продуктів мікробної біоконверсії рослинної сировини зі здатністю стимулювати ріст рослин. Таким чином, можна завершити формування концепції комплексного виробництва мікробних нутрієнтів, дослідити механізми стимулюючої дії відходів дріжджових продуктів на ріст рослин, розробити принципи отримання таких нутрієнтів та адаптувати їх до сучасних біотехнологічних виробництв.

У роботі було досліджено рістстимулюючу активність препаратів «Гумір-1» та «Гумір-2», створених на основі гідратованих фулеренів (HuFn); $(\text{C}_{60}(\text{H}_2\text{O})_n$), гуматів і відходів дріжджового виробництва штаму *Saccharomyces cerevisiae*. Введення цих компонентів у технологію рослинництва вимагає ретельного вивчення властивостей препаратів на їх основі в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах зони і на різних видах насіння. Це слугувало підставою для проведення наших досліджень. Об'єктом досліджень було вибрано насіння гірчиці сорту «Талісман».

Ключові слова: рістстимулюючі препарати, гідратовані фулерени, гумати, гірчиця, відходи дріжджового виробництва.

Постановка проблеми. Загальні принципи використання регуляторів росту в сільському господарстві вперше в досить повному вигляді сформульовані багатьма вченими. За одним із найбільш важливих із них, «необхідна правильна оцінка умов зростання, бо регулятори росту не можуть замінити необхідні фактори зовнішнього середовища, а лише допомагають рослині ефективніше їх використовувати».

На відміну від індивідуальних органічних сполук, гумінові речовини, а також продукти їх лужно-кислотної деструкції, являють собою суміш хімічних сполук. При цьому гумінові речовини в активній взаємодії, взаємозв'язку, можливо, взаємоперетворенні, а також взаємовідносинах із навколишнім середовищем створюють досить складну систему і мають функцію саморегуляції, самопідтримки і самовідновлення.

Гумінові речовини полегшують надходження і пересування поживних речовин у культурні рослини. Внаслідок цього у сільськогосподарських культурах оптимізується фотосинтез, рослини повніше використовують внесені в ґрунт добрива. Це дозволяє їм ефективно реалізувати потенційну продуктивність і підвищує стійкість до захворювань.

Численні дослідження підтвердили здатність гуматів до прямого збільшення врожайності практично всіх сільськогосподарських культур [1, с. 152; 2, с. 112].

Нині створено багато нових природних і хімічних сполук, що володіють рістрегулюючою активністю, до яких пред'являються підвищені вимоги. У них не має бути токсичних метаболітів і мутагенних властивостей, шкідливого впливу на ґрунтову мікрофлору і мешканців водойм, не має створюватися екологічного навантаження на навколишнє середовище.

Багаторічний досвід застосування гуматів свідчить, що їх присутність важлива для всіх стадій розвитку рослин, особливо на ранніх етапах [3, с. 51].

Наприклад, гумат «Родючість» справляв позитивний вплив на якість зерна ярої пшениці. Вміст білка в зерні зріс на 0,6–1,3%, клейковини – на 2,8–3,8%, маса 1000 зерен – на 2,1–3,9. Все вищевикладене узгоджується з даними інших авторів [4, с. 40].

Постановка завдання. Мета роботи – дослідити дію розроблених на основі гуматів, гідратованих фулеренів і відходів дріжджового виробництва як рістстимулюючих компонентів на прикладі насіння гірчиці сорту «Талісман».

Виклад основного матеріалу. На базі дослідного господарства ін-ту с/г ім. Докучаєва Харківської області гуматовміщуючі препарати під умовною назвою «Гумір-1» та «Гумір-2» застосовували для обробки насіння гірчиці перед посівом. До складу препарату, основою якого були гумати, вводили як рідку фазу відходи дріжджо-

вого виробництва і гідратованих фулеренів у певній концентрації (0,01–1100 мг/л води).

Встановлено, що прямий ефект препаратів «Гумір» пов'язаний із впливом не тільки гумінових кислот, але і БАР, введених у препарат, на проникність клітинних мембран для біологічно активних речовин та синтезу білків.

Було проведено ряд експериментів із насінням гірчиці сорту «Талісман», що вирощувалась у чашках Петрі в лабораторних умовах (3 повтори в кожній серії с 20.04 по 26.04.2018 р). Як контроль було вибрано відомі рістстимулюючі препарати «Вимпел» та «Байкал», а також необроблене насіння. Крім того, проводили порівняння з насінням, обробленим тільки гідратованими фулеренами (H_yF_n);(C₆₀(H₂O)_n) та розчином із відходів дріжджового виробництва (з використанням штаму *Saccharomyces cerevisiae* (Гумір-2).

Фулерени, за деякими літературними даними, володіють антимікробними та антиоксидантними властивостями. У середньому вони перевищують, за літературними даними, дію всіх відомих до них антиоксидантів в 100–1000 разів [5, с. 31; 6, с. 32].

Енергія проростання, схожість насіння, біометричні показники проростків визначалися за стандартними методиками (ГОСТ 12038-84, 1985; Показники зростання і розвитку рослин – за стандартними методами (Практикум ..., 1996).

Густина насіння, що зійшло в умовах обробки «Гумір-2», що містить відходи дріжджового виробництва, була майже на 12% вище, ніж у сухому контролі і вище, ніж в умовах обробки насіння препаратами «Вимпел» і «Байкал». Незначне, але збільшення кількості сходів у цьому експерименті було отримано і за обробки насіння розчином тільки з гідратованими фулеренами. Кількість насіння, що зійшло, відповідно, була вищою в умовах обробки насіння препаратом «Гумір-2», трохи нижчою була схожість у разі застосування препаратів «Вимпел» і «Байкал».

Пророщування насіння проводили в чашках Петрі під впливом різних препаратів та на відкри-

Таблиця 1

Густина сходів гірчиці 2018 р., середні показники (350 шт. = 100%)

Варіант	Густина сходів, шт./м ²	Зійшло, %
Сухий контроль	232,6 ± 21,8	66,3
Фул. вода*	253,3 ± 25,9	72,4
Гумір-1	282,6 ± 30,0	80,76
Гумір-2	285 ± 26,9	82,65
Вимпел	269,3 ± 27,8	76,95
Байкал	248,8 ± 20,9	70,85

Примітка: * скорочене фул. – фулеренова вода, або гідратовані фулерени

тих ділянках на Судиславському ГСУ Харківської області. Визначення енергії проростання проводили за загальноприйнятою методикою [2, с. 123; 3, с. 52]. Схожість насіння визначали на 3-5 добу, підраховували кількість нормально пророслого, загнилого, набряклого і аномально пророслого насіння (табл. 2).

Порівняльний аналіз отриманих даних, наведених у таблиці 2, показав, що кращі показники за енергією проростання і сходження отримані в умовах обробки насіння гірчиці препаратами «Гумір-1» і «Гумір-2». На тлі збільшення енергії проростання і сходження було отримано зниження числа аномально пророслого насіння, більш вираженого в умовах обробки насіння цими препаратами. Обробка насіння тільки розчином із гідратованими фулеренами не позначилася позитивно на показниках, наведених у таблиці, число загнилого насіння виявилось навіть вище, ніж у контролі. Показники енергії проростання і схожості були вищі у разі обробки насіння препаратом «Гумір-1» і «Гумір-2» порівняно з препаратом порівняння «Вимпел».

Необхідно зазначити, що дані, отримані в різні роки, мають незначні відмінності. Так, дані експериментів, проведених у 2018 році за рівних умов досвіду, були вищими в разі обробки насіння розробленим препаратом, ніж у 2017 році.

Число аномально пророслого насіння за його обробки новими препаратами було більш ніж в 3 рази нижче, ніж у контролі, а кількість загнилих у контролі була майже в 4 рази вища. В той же час енергія проростання та схожість у 2018 році була вища в умовах застосування препарату «Гумір-2».

Визначення фотосинтетичної активності рослин у процесі обробки «Гуміром-2» показало збільшення цього показника порівняно з відомими препаратами на 13%, що відбилося на збільшенні вегетуючої частини гірчиці.

Отримані результати послужили підставою для введення розчину фулеренів, макро- і мікроелементів із біомасою відпрацьованих дріжджів до складу рістстимулюючих препаратів (табл. 5).

Таким чином, дослідженнями, проведеними в 2018 р. на Судиславському ГСУ Харківської області, показано суттєвий вплив препарату «Гумір-2» на врожайність гірчиці сорту «Талісман». У середньому за 2 роки обробка насіння забезпечила приривок врожаю в розмірі 6,7 ц/га, що на 31,2% більше ніж на контролі. Крім того, отримано позитивний ефект у разі обробки вегетуючих рослин у фазі кушіння на фоні обробки рослини в стадії вегетації. Збільшення кількості зерна становило 13,6 ц/га та на 63,2% перевищувало контроль.

Таблиця 2

Середні показники активності досліджених препаратів

Варіант обробки	Енергія проростання, %	Схожість, %	Вигляд насіння, %		
			розбухле	загниле	аномально проросле
Контроль	78,9	83,4	0	6,78	6,78
Фул. вода	78,95	83,5	0,75	4,51	7,28
Вимпел	79,8	88,6	1,26	4,57	7,32
Гумір-1	83,5	89,4	0,61	4,12	6,05
Гумір-2	84,9	92,2	0,78	4,23	5,91

Таблиця 3

Діапазони концентрацій фулеренів із різним ефектом дії на проростки гірчиці

Частина рослин	Фулерени, мг/л		
	Ефект дії на проростки рослин		
	Нема ефекту	Стимуляція росту	Гальмування росту
Коріння	0,01–1,0	5,0–10,0	≥100,0
Пагони	0,01–10,0	25,0–100,0	>500,0

Таблиця 4

Гірчиця сорту «Талісман», що вирощена в чашках Петрі (середні показники 3 серій дослідів)

Варіант обробки	Енергія проростання, %	Схожість, %	насіння, %		
			розбухле	загниле	аномально проросле
Контроль	76,4	83,6	0	4,7±0,30	11,7±1,01
Гумір-2	86,3	95,8	0	1,2±0,08	2,9±0,22

Біомаса листя гірчиці за позакореневої обробки водним розчином фулеренів та нанорозчином на його основі

Варіант некореневої обробки	Сира маса рослин	
	г	відхилення від контролю, %
Вода (контроль)	160,8±11,3	-
Водний розчин фулеренів	188,4±14,0*	+18±2,8*
Розчин відпрацьованої дріжджової маси	198,7±16,3*	+24±4,0*
Розчин фулерени + відпрацьовані дріжджі	240,3±15,4*	+49±3,9*

* – значення достовірно відрізняється від контрольного на 5% рівні значимості

Вміст основних елементів у надземній частині гірчиці за кореневої та некореневої підгодівлі нанопрепаратом на основі фулеренів

Варіанти дослідів	Вміст речовин						
	Азот, % а.с.в.	Фосфор, % а.с.в.	Калій, % а.с.в.	Азот небілковий, % а.с.в.	Азот білковий, % а.с.в.	Амонійний азот, % а.с.в.	Сира зола, % а.с.в.
Рослини (надземна частина) за кореневого підживлення							
Розчин макро- і мікроелементів (контроль)	1,75	0,25	4,84	0,205	1,55	0	14,18
Розчин на основі фулеренів та дріжджових відходів	2,0*	0,32*	5,01	0,224	1,78*	0	15,28
Рослини (надземна частина) при некореновому підживленні							
Розчин макро- і мікроелементів (контроль)	2,04	0,28	5,61	0,196	1,84	0	16,21
Розчин на основі фулеренів та дріжджових відходів	2,65*	0,40*	6,43*	0,317*	2,33*	0,049*	18,56*

За останні 2 роки середня прибавка врожаю зерна гірчиці теоретично могла скласти 2,52 ц/га, а практично в разі вирощування в польових умовах в 2018 р. становила на кілька відсотків більше. Рентабельність по роках у наших умовах коливалася від 128 до 150% (за рахунок збільшення вегетуючої складової частини рослини).

Крім того, в середньому за 2 роки підвищився вміст білка в зерні на 1,42% і маса 1000 зерен – на 1,3.

Введення до складу рістстимулюючих препаратів наноструктур (гідратованих фулеренів) [8, с. 91; 9, с. 250] та відходів дріжджового виробництва на базі штаму *Saccharomyces cerevisiae* приводило до збільшення врожаю гірчиці «Талісман».

У розробленому рістстимулюючому препараті було проведено дослідження вмісту основних мікроелементів, необхідних для росту рослин.

Результати досліджень у регульованих умовах показали здатність розчину з фулеренів і відходів дріжджової біомаси в певному діапазоні концентрацій справляти позитивний рістстимулюючий і антистресовий ефект на рослини. Причинами поліпшення фізіологічного стану рослин і підви-

щення їхньої стійкості до дії окисного стресу під впливом розробленого наноскладу є активізація процесів обміну, метаболізму і, як наслідок, збільшення надходження в рослини необхідних макро- і мікроелементів, котрі в достатній кількості містяться у відходах дріжджового виробництва. Отримані результати дають підставу розглядати нанорозчин гідратованих фулеренів у сукупності з відходами дріжджового виробництва як перспективне джерело створення сучасних високоефективних біологічно активних препаратів комплексної дії з метою використання їх у рослинництві.

Висновки. Досліджена біологічна активність комплексного препарату на основі гуматів, що містить як біологічно активні домішки водний розчин відходів дріжджового виробництва *Saccharomyces cerevisiae* і розчин гідратованих фулеренів («Гумір-2»), в лабораторних і польових умовах на насінні гірчиці сорту «Талісман».

Дослідження нових рістстимулюючих препаратів проведено в порівнянні з розчинами «Вимпел» та «Байкал». Кращі результати за рістстимулюючим ефектом встановлені в умовах дії на насіння гірчиці сорту «Талісман» препарату «Гумір-2».

Список літератури:

1. Белюченко И.С., Гукалов В.Н. Практические основы использования отходов промышленности и сельского хозяйства в качестве мелиоранта чернозема обыкновенного. *Тр. КубГАУ*. 2011. Т. 1. № 31. С. 152–153.
2. Кондратенко Е.П. и др. Биостимулирующие и физико-химические свойства гумата натрия. *Химия растительного сырья*. 2016. № 3. С. 109–118.
3. Szczepanek M., Wilczewski E. Effect of humic substances on germination of wheat and barley under laboratory conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 2011. Vol. 10(1).
4. Верников В.М., Арианова Е.А., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А., Тутельян В.А. Нанотехнологии в пищевых производствах: перспективы и проблемы. *Вопросы питания*. 2009. № 2. С. 4–17.
5. Subramanian Kizhaeral S., Thirunavukkarasu M. Nano-fertilizers and Nutrient Transformations in Soil / Kizhaeral S. Subramanian. *Nanoscience and Plant-Soil Systems*. 2017. Vol. 48. Pp. 305–319.
6. Physiological Response of Wheat to Foliar Application of Zinc and Inoculation with some Bacterial Fertilizers. Ebrahim, Mohsen K. H.; Aly, Magda M. Botany Department, Faculty of Science, Tanta University, Tanta, Egypt. *Journal of Plant Nutrition* (2004), 27(10), 1859–1874.
7. Пиотровский Л.Б., Киселев О.И. Фуллерены в биологии. Санкт-Петербург. 2005. 256 с.
8. Андриевский Г.В., Клочков В.К. Гидратированные фуллерены как универсальные биоантиоксиданты и роль в этом особых упорядоченных структур воды. Сборник тезисов VII Междун. вимп. «Биологические механизмы старения». Харьков, 2006. С. 91–92.
9. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. Москва : Физматлит, 2008. 456 с.

Krychkovska L.V., Lysak P.Yu., Bobro M.A., Dubonosov V.L. DEVELOPMENT OF GROWTH STIMULANTS BASED ON BIOTECHNOLOGICAL RAW MATERIALS

The work is devoted to the development of preparations with bioadditives to increase the yield of cereals for food production, the development of methods and technologies for producing effective preparations containing trace elements (copper, zinc, cobalt, etc.), physiologically active substances (nanostructures – fullerenes, humates); obtaining new fertilizers based on them; development of a method for obtaining low-toxic, effective detoxifiers for plant seeds. An important role in optimizing the production process is played by timely pre-sowing treatment of seed material with drugs that increase the protection of seeds from pests and pathogens, as well as increase the competitiveness of plants in the early stages of development by providing the necessary food and energy sources.

Since plant growth regulators have a positive effect on increasing crop yields and the quality of agricultural products when treating plants with growth regulators, the content of protein and gluten in grains increases, flour and baking properties improve, dry matter and seed oil yields increase, and sugar content increases, vitamin C, carotene, starch, reduced nitrate content. Work in this direction is relevant. This direction contributes to the development of technology for new products of microbial bioconversion of plant raw materials, which can stimulate plant growth. Thus, it is possible to complete the formation of the concept of complex production of microbial nutrients, study the mechanisms of stimulating effect of yeast product waste on plant growth, develop principles for obtaining such nutrients and adapt them to modern biotechnological industries.

*The growth-stimulating activity of Humir-1 and Humir-2 preparations based on hydrated fullerenes (HyFn), (C₆₀ (H₂O) *n*), humates and wastes from yeast production of *Saccharomyces cerevisiae* strain was studied. The introduction of these components in crop technology requires careful study of the properties of drugs based on them in specific soil and climatic conditions of the zone and on different types of seeds. This was the basis for our research. The object of research was selected mustard seeds of the variety “Talisman”.*

Key words: Growth-stimulating drugs, hydrated fullerenes, humates, mustard, waste of yeast production.