

УДК 581.132.1

**ШЕВЧУК О.А., ТКАЧУК О.О., ГОЛУНОВА Л.А., КУР'ЯТА І.В.,
РОГАЛЬСЬКА Л.М., РОГАЧ В.В.**

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕТАРДАНТІВ ТА ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТІВ У РОСЛИННИЦТВІ

На сьогоднішній день в усьому світі загострюється протиріччя між необхідністю використання хімічних речовин з метою підвищення продуктивності, стабільності сільськогосподарського виробництва і небезпекою наслідків їх застосування для здоров'я людини і оточуючого середовища. Тому підвищуються вимоги до технологій використання біологічно активних сполук, ставиться задача досягти необхідних ефектів при мінімальних дозах препаратів.

Застосування регуляторів росту в рослинництві зумовлюється досягненням наступних цілей:

1. Обмеження росту пагонів і створення інтенсивного типу крони для зменшення витрат ручної праці;
2. Підвищення врожайності за рахунок перерозподілу пластичних речовин на користь генеративних органів;
3. Індуціювання раннього плодоношення при застосуванні ретардантів на молодих рослинах.

Застосування ретардантів спричиняє інгібування росту рослин, значно покращує врожайність сільськогосподарських культур, підвищує стійкість рослин до перенесення низьких температур, сприяє накопиченню білка в листках, знижує вміст хлорофілу, зменшує площу листової поверхні в деяких випадках і є, очевидно, екологічно безпечним у визначених дозах. Застосування ретардантів найбільш доцільне при вирощуванні плодоягідних культур, а також зернових та кормових культур [10, 23].

При застосуванні синтетичних регуляторів росту рослин важливим є вивчення токсикологічних властивостей препаратів, можливості забруднення ними об'єктів зовнішнього середовища, характер і ступінь міграції препаратів із ґрунту в ґрунті і поверхневі води, стабільності препаратів у водному середовищі, ґрунті і прогнозування поширення даних забруднень з урахуванням токсикологічного ризику [4].

Синтетичні регулятори росту є складовою частиною комплексної хімізації рослинництва. Вони дозволяють посилювати та послаблювати ознаки і властивості рослин в межах норми реакції, що визначається генотипом, з їх

допомогою компенсуються недоліки сортів і гібридів [4]. У зв'язку з цим надзвичайно важливо знати механізми їх дії на фізіолого-біохімічному, молекулярному і генетичному рівнях. Це дозволить забезпечити направлений синтез нових препаратів і створення технологій їх використання в рослинництві.

Морфологічні прояви рістгальмуючої активності всіх відомих ретардантів подібні, однак в останні роки одержали дані, які свідчать про суттєву різницю механізмів дії препаратів різних груп. Так, активність хлорхолінхлориду і паклобутразолу пов'язана з блокуванням синтезу гіберелінів [15].

Введення ССС блокує утворення геранілгеранілпірофосфату і перетворюється в ент-каурен як у деяких грибів, так і у вищих рослин. Триазолпохідні препарати зашкоджують окисленню ент-каурена в кауренову кислоту, блокуючи три проміжні реакції. Етиленпродуценти блокують утворення комплексу гормон-рецептор [1]. З'ясування механізмів дії різних груп ретардантів дозволило розробити суміші препаратів, які при спільному застосуванні виявляють синергізм, оскільки суміш одночасно блокує і біосинтез, і реалізацію фітогормонального ефекту гібереліну. За рахунок цього зменшуються кількість обробок і застосовані дози, що дозволяє досягти бажаного рістгальмуючого ефекту при мінімальних дозах препарату [1, 21].

Встановлено, що ефективним є застосування суміші хлорхолінхлориду і кампозану М в концентраціях 0,4% і 0,02% на яблуні. Синергічний ефект яскраво проявляється в перший рік використання. Ретардантна активність суміші препаратів в низьких концентраціях не поступається високій дозі ССС (0,6%) [6]. У Великобританії був розроблений новий препарат на основі хлорхолінхлориду (36%) і паклобутразолу (4%), який отримав назву культар С [24].

Рістгальмуюча дія культару С виявлена на багатьох плодових культурах – груші, яблуні, абрикосах. При використанні 25 г/га культару С на плодових деревах покращується формування крони і збільшується якість плодів [20]. Застосування культару С на зернових культурах підвищувало ефективність у 8 разів в порівнянні з ССС [21].

Висока рістгальмуюча активність сумішей ССС і 2-ХЕФК спостерігається на зернових культурах. При застосуванні хлорхолінхлориду і 2-ХЕФК на рослинах озимої пшениці полягання рослин становило 0,7-1 балів, тоді як у контролі – 3,5-4,0 бали [1, 2]. Збільшення стійкості до полягання за рахунок зменшення довжини стебла і підвищення врожаю у ярового ячменю виявилось і при застосуванні сумішей ССС та кампозану М. Так, при обробці сумішшю ССС в дозі 2 кг/га і кампозану М – 500 г/га у рослин ячменю підвищувалась стійкість до полягання з 1 до 3 балів, а врожай – з 30,2 до 35,2 ц/га [21]. Застосування таких сумішей зменшує число обробок, дози препаратів [1, 2].

Створення комплексних регуляторів росту на основі фізіологічно активних природних сполук і елементів живлення та поєднання їх з екологічно безпечними засобами захисту рослин, включаючи мікробіологічні, створює можливості для отримання високих врожаїв з одночасним вирішенням екологічних проблем – зниження пестицидного навантаження на довкілля та його оздоровлення [14, 22].

В той час як за кордоном “агрохімічні коктейлі” – фіконазол (ССС + етефон; Німеччина); терпал (етефон + хлористий диметилпіридіній; Німеччина); рецетал-супер (ССС + етефон; Чехословаччина) і багато інших отримали широке поширення, в нашій країні цей прийом використовувався в обмежених масштабах. Створення “агрохімічних коктейлів” слід проводити як по лінії

зниження доз препаратів, так і по їх вартості [21].

Наступним важливим напрямком розвитку досліджень для вирішення питань підвищення ефективності і безпеки застосування ретардантів пов'язаний з оптимізацією часу, способу обробки і властивостями робочого розчину [3, 21].

Широко використовувався в рослинництві хлорхолінхлорид. Однак, слід зауважити, що використання цього препарату проводилось в досить високих концентраціях робочих розчинів. Хлорхолінхлорид – речовина середньої токсичності, але при порушеннях технічних регламентів, правил техніки безпеки, норм і строків внесення він виявляє токсичний вплив на нервову систему і функцію печінки людини [4]. ССС знято з виробництва за різкість запаху, токсичність внаслідок значного вмісту активного хлору і високі дози використання [5].

На даний час в Україні зареєстрований і дозволений до впровадження ретардант – хлормекватхлорид (ССС-720, фірма “Штефес” Німеччина) [19]. Препарат широко використовується за зернових культурах.

Для раціоналізації технології вирощування озимої пшениці шляхом заміни ССС було розроблено нові етиленпродуценти – іфоній та іфонілій. Це препарати з антисептичними властивостями і з значно нижчими дозами використання. Так, ефективна доза хлорхолінхлориду для рослин пшениці становила 1300-4000 г/га, тоді як іфонію та іфонілію – 100-200 г/га [5].

З урахуванням низької токсичності і ефективності малих доз використання припускається, що при заміні ССС і фунгіцидів на етиленпродуценти даного типу можна досягти підвищення ефективності і пестицидного розвантаження технології вирощування озимої пшениці [5]. Зниження токсичності і різкості запаху досягнуто заміною активного хлору ССС на “м'якші” антисептичні сірковмісні фторовані радикали. Останні з позицій хімічної кінетики через свою громіздкість повинні перешкоджати вільному доступу молекул води до етиленутворюючої групи, її гідролізу і виділенню етилену [5].

Досліджено, що при обробці рослин озимої пшениці іфонієм проявлявся середній ступінь грибкового ураження колосся [5]. Так, як початково препарат було запатентовано як рослинний фунгіцид, висунуто припущення, що збільшенню врожаю сприяють і фунгіцидні властивості препарату [5].

Встановлені фактори взаємної дії багатьох ретардантів на хромосомний і генетичний апарати рослини, а відповідно і на їх властивості. В багатьох випадках ці ефекти мають незворотну дію. Так, виявлена чітко виражена мутагенна дія гідразинпохідних препаратів на тваринні організми [4]. Ці препарати досить широко використовувалися в рослинництві для підвищення урожайності томатів, яблуні, для компактного формування крони і стимуляції закладання плодових бруньок.

В 70-х роках агентство США по охороні оточуючого середовища виступило проти реєстрації гідразиду малеїнової кислоти. Було встановлено, що препарат викликає хромосомні аберації у рослин. В рослинах він розщеплюється з утворенням гідразиду і невідомого канцерогену [16, с. 56]. В 1985 році був заборонений до застосування алар через значну мутагенну і канцерогенну дію, а в 1992 році були виключені із списку дозволених до виробництва – гідрел і дигідрел [21].

Важливим є практичне застосування 2-ХЕФК та їх аналогів. Доцільність застосування етиленпродуцентів визначається тим, що фізіологічний ефект

досягається за рахунок етилену – нативного метаболіту рослини, який прискорює дозрівання плодів, стимулює створення відокремлюючого шару плодоніжки, забезпечує одночасне досягання плодів [10]. Це дозволяє проводити їх механізоване збирання, впливає на генеративні органи в напрямку жіночої сексуалізації, що веде до збільшення врожаю та покращання його якості.

Етиленпродуценти швидко розкладаються в рослинах і не накопичуються в плодах. З'ясовано, що 2-ХЕФК не являє небезпеки для людини і тварин як канцероген. Є дані, що етефон не лише не являє небезпеку для людини, а навіть може виявляти захисну дію проти канцерогенів оточуючого середовища. Встановлено, що етефон гальмує розвиток пухлин в тканинах легенів мишей [7, 16, с. 127].

Великим досягненням було створення нового етиленпродуценту – ретпролу [9]. Це загальновідомий карбід кальцію CaC_2 , простий за структурою і дешевий у застосуванні. Встановлено, що при внесенні препарату в ґрунт у вологих умовах він розкладається з утворенням кінцевих продуктів гідроокису кальцію і ацетилену, який за участю азотфіксуючих мікроорганізмів відновлює утворюваний при гідролізі CaC_2 ацетилен в етилен [15]. Останній надходить до вегетуючих рослин через коріння [17]. Препарат проявляє високу ефективність на томатах, огірках, картоплі, коноплях, кукурудзі і сої (прискорює дозрівання, підвищує врожай і стійкість до хвороб, сприяє кращому зберіганні продукції) [15, 17].

Препарати нового типу по всіх параметрах повинні бути кращими існуючих. Висока ефективність дії нових регуляторів росту дозволяє в 10-100 разів знизити норми їх використання. Ця обставина не лише сприятлива для чистоти середовища, але й забезпечує високу рентабельність їх використання [20].

Важливою вимогою, яка ставиться до нових регуляторів росту є стабільність їх дії, незалежно від факторів навколишнього середовища – ґрунтово-кліматичних і метеорологічних умов. Агрономічній практиці гостро не вистачає регуляторів росту поліфункціональної дії, здатних проявляти направлений вплив на різні фази онтогенезу, володіти антистресовою дією, суттєво покращувати і зберігати якість сільськогосподарської продукції [13, 20, 25].

Останнім часом в рослинництві широко застосовуються похідні триазолу, які мають властивості регуляторів росту і проявляють фунгіцидну активність. Вони характеризуються низькою токсичністю, ефективно діють в малих дозах і екологічно безпечні [20].

Уніконазол, проявляє ретардантну активність на зернових культурах при малих дозах застосування. Так, для стійкості до полягання посівів рису використовують 12 г/га. Виявлено, що препарат підвищує стійкість проростків пшениці до високих температур за рахунок зберігання тургору і меншого утворення етилену. Гостра токсичність (LD_{50}) при оральному введенні крисам становить 1790-2020 мг/кг [20].

Триадимефон або азовіт в практиці рослинництва використовується в якості фунгіциду в боротьбі з борошнистою росою, паршою, сірою гниллю, септоріозом у пшениці, кукурудзи, вівса, жита, цукрового буряка, огірків, томатів, чорної смородини, дині, квіткових і лікарських культур в дозі 0,03-0,1 кг/га [20].

Ретардантна дія препарату виявлена на ріст стебла зернових культур [12, 18, с.72]. Гостра токсичність (LD_{50}) при оральному введенні крисам азовіту становить 363-568 мг/кг. При виявленні препарату в ґрунті, який використовувався в дозах 2,4 і 4,6 г/га на рослинах полевиці на п'яту добу після внесення препарату,

його залишки становили 0,04% від початкової дози [27]. Багаторічні дослідження в польових дослідах післядії азівіту показали, що препарат не має значного впливу на мікробну біомасу і мікробіологічну активність ґрунту [26].

Встановлено, що паклобутразол не спричиняє мутагенної дії, і з токсично-гігієнічних міркувань є найбільш прийнятним серед триазолпохідних препаратів. В порівнянні з іншими ретардантами в малих дозах паклобутразол має низьку фітотоксичність. Препарат здатний контролювати ріст рослин, підвищувати стійкість до стресів і сприяє підвищенню продуктивності [8, 11, 23]. Це забезпечує його широке використання на зернових, декоративних, плодових і овочевих культурах. Встановлено, що ретардант не проявляє значного впливу на мікробну біомасу і мікробіологічну активність в ґрунті, швидко розкладається в рослині [20].

При внесенні паклобутразолу і уніконазолу в дозі 2 мл/л в розчин, на якому вирощувались рослини каланхое, було відмічено, що уже через тиждень відбувалося зниження вмісту ретарданту в розчині і через 4 тижня воно було на 25-30% менше від внесеної концентрації. При цьому абсорбція уніконазолу була вищою, ніж паклобутразолу [20]. Отже, сучасні триазолпохідні препарати малотоксичні, вони швидко і легко розкладаються в рослинах і ґрунті, у застосованих дозах їх залишки не перевищують допустимих кількостей [12, 20].

Таким чином, пізнання механізмів дії ретардантів і етиленпродуцентів, а також синтез нових препаратів з аналогічним типом фізіологічної активності, створює надійну наукову базу для підвищення ефективності і безпеки застосування синтетичних регуляторів росту рослин, що визначає необхідність поглиблення досліджень в цьому напрямку.

1. Блиновский И.К., Калашников Д.В. Эффективность синергических ретардантных смесей на яблоне // Регуляторы роста растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 88-95.
2. Блиновский И.К., Калашников Д.В., Кокурин А.В. Разработка синергических смесей ретардантов на основе изучения механизма их действия // Регуляторы роста растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 36-45.
3. Блиновский И.К., Соркина Г.Л., Калашников Д.В. Пути повышения эффективности и экологической безопасности применения ретардантов в плодководстве. – М.: ВНИИТЭИ-агропром, 1991. – 56 с.
4. Василенко В.Е., Блиновский И.К. Токсиколого-гигиеническая характеристика ретардантов // Регуляторы роста. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 115-132.
5. Іванюк Т.В. Ріст регулюючі та фунгібактерицидні властивості іфонію та іфонілію як перспективних етиленпродуцентів у технології вирощування озимої пшениці // Фізіологія і біохімія культ. рослин. – 1998. – Т. 30, №6. – С. 450-456.
6. Калашников Д.В., Блиновский И.К., Кокурин А.В. Теоретическое обоснование применения смеси ретардантов на яблоне // Физиолого-биохимические основы применения регуляторов роста в Сибири. – Иркутск: Изд-во АН СССР, 1986. – С. 108-112.
7. Кефели В.И. Рост растений. – М.: Колос, 1984. – 174 с.
8. Кірізій Д.А., Гуляев Б.І., Кур'ята В.Г., Шевчук О.А. Спосіб підвищення маси та цукристості коренеплодів цукрових буряків. – Патент №41162 А, 2001.
9. Кулаева О.Н., Леонова Т.Г. Регуляторы роста в трудах Г.С.Муромцева // Физиология растений. – 2000. – Т. 47, №4. – С. 646-649.
10. Кур'ята В.Г. Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур: Дис... докт. біол. наук: 03.00.12. – К., 1999. – 318 с.
11. Кур'ята В.Г., Гуляев Б.І., Шевчук О.А. Спосіб підвищення насінневої продуктивності маточників цукрових буряків. – Патент №67095 А, 2004.
12. Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Белан С.Р. Пестициды и регуляторы роста растений. – М.: Химия, 1995. – 575 с.
13. Метевосян Г.Л. Новый физиологический подход к фитотермофизиологическому применению регуляторов роста растений // Резервы повышения урожайности овощных культур. – 1989. – 52, №1. – С. 10-15.
14. Моргунов В.В., Яворська В.К., Драговоз І.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні // Фізіологія і біохімія культ. рослин. – 2002. – Т. 34., №5. – С. 371-375.
15. Муромцев Г.С. Регуляторы роста растений // Аграрная наука. – 1993. – №3. – С. 21-24.
16. Никелл Л.Дж. Регуляторы роста растений. – М.: Колос, 1984. – 191 с.
17. Ніколайчук В.Г., Гейник Л.В.,

Горбатенко І.Ю. Вивчення регулюючої ролі та розвиток рослин дії етиленпродуцента рептолу // Фізіологія і біохімія культ. рослин. – 1999. – Т. 31, №4. – С. 281-284. **18.** Павлова В.В., Чиждова С.І., Прусакова Л.Д. Действие триазоловых соединений на содержание абсцизовой кислоты у растений ячменя // III Межд. конф. «Регуляторы роста и развития растений». – М., 1995. – С. 72. **19.** Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. – К.: Юнівест маркетинг, 1996. – С. 94-95. **20.** Прусакова Л.Д., Чиждова С.І. Применение производных триазола в растениеводстве // Агрохимия. – 1998. – №10. – С. 37-44. **21.** Прусакова Л.Д., Чиждова С.І. Синтетические регуляторы онтогенеза растений // Итоги науки и техники. Физиология растений, Т. 7. – М.: Изд-во АН СССР, 1990. – С. 84-124. **22.** Регуляторы роста и развития растений // Тез. докл. 5-й междунар. конф., 1999. – М.: Изд-во МСХ, 1999. – Ч. 1, 2. – 411 с. **23.** Шевчук О.А. Дія ретардантів на морфогенез, газообмін і продуктивність цукрових буряків: Дис... канд. біол. наук: 03.00.12. – К., 2005. – 156 с. **24.** Эрдели Г.С., Хожайнова Г.Н., Шиллинг Г. Изобутираты – новый класс ретардантов. – Воронеж: Изд-во Воронежского. ун-та., 1992. – 157 с. **25.** Eir Vierteljahrhundert Wachstumsregler im Pflanzenschutz zgesetzt | taermann Hans-Theo // Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. – 2000. – 230 p. **26.** Hart M., Brooker P. Soil microbial-biomass and mineralization of soil organic matter after 19 years of cumulative field applications of pesticides // Soil Biol. A. Biochem. – 1996. – Vol. 28, № 12. – P. 1641. **27.** Murphy K., Cooper R., Clark J. Volatile and dislodgeable residues following triadimefon and Mcpp application to turfgrass and implications for human exposure // Crop Sci. – 1996. – Vol. 36, № 6. – P. 1455-1468.

The ways of essential increase of retardants effect in the plant-growing have been considered and in accordance with the analysed data the system of precautionary measures directed at maintenance of ecology and safety is suggested.