

**О.І. БОРЗИХ**, кандидат сільськогосподарських наук,

**С.В. РЕТЬМАН**, доктор сільськогосподарських наук

Інститут захисту рослин НААН;

**В.М. КОВБАСЕНКО**, кандидат біологічних наук

Національний науковий центр Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства НААН

## **ЖАСМОНАТИ НА ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУРАХ**

---

*В польових умовах досліджено технічну ефективність та вплив на урожайність жасмонової кислоти за різних норм витрати препарату. Показано, що на озимих і ярих пшениці та ячмені, а також житі озимому спостерігалось суттєве зниження розвитку борошнистої роси та септоріозу, а також відзначено позитивний вплив на рівень урожайності цих культур.*

### **пшениця, ячмінь, жито, хвороби, стійкість рослин, урожай**

Підвищення урожайності продовольчих культур в умовах погіршення екологічної обстановки можливе лише за використання для захисту рослин препаратів нового покоління, які здатні індукувати імунний потенціал рослин. Сучасні технології вирощування продовольчих культур мають суттєву потребу в застосуванні біотичних поліфункціональних фізіологічно активних речовин нового покоління, що мають властивості регуляторів росту та індукторів стійкості рослин. Ці регулятори здатні стимулювати ріст, розвиток і продуктивність рослин, індукують їх стійкість щодо біотичного стресу, а також до різних несприятливих факторів навколишнього середовища. Вони збільшують урожайність і покращують якість одержуваної продукції без суттєвих додаткових витрат [1, 2]. Регулятори росту на відміну від традиційних засобів хімічного захисту рослин не діють безпосередньо на шкідливі об'єкти, проте, змінюючи гормональний статус та прискорюючи розвиток рослин, можуть підвищувати їх стійкість не тільки до біотичних, але й до абіотичних стресів [3]. Жасмонова кислота вважається класичним учасником адаптивних реакцій рослин на біотичні стреси, пов'язані з дією фітопатогенних організмів (грибів, бактерій та вірусів), а також з uszkodженнями, що викликають комахи-шкідники [4, 5]. Останнім часом особливий інтерес до жасмонатів зумовлений їх важливою роллю в індукуванні системної стійкості рослин проти біо-

тичного стресу [6, 7]. Проте не викликає жодного сумніву факт участі жасмонатів у регуляції стійкості рослин і до абіотичних стресових факторів навколишнього середовища. Вивчали вплив саліцилової і жасмонової кислот на захисні реакції інфікованих збудником фітофторозу *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary пробірочні рослини картоплі [8]. Автори виявили індукцію стійкості рослин проти фітофторозу після обробки їх  $10^{-6}$  М саліциловою кислотою або  $10^{-7}$  М жасмоновою кислотою, причому сильнішу за обробки їх сумішшю. Обробка цими речовинами сприяла накопиченню фенольних сполук і активації пероксидази в місцях локалізації патогена, що могло бути причиною формування стійкості. Слід зазначити, що здатність сполук стимулювати утворення активних форм кисню, зокрема, пероксиду водню, в рослинних тканинах логічно використовувати для оцінки імунотулюючої активності за розробки нових препаратів для захисту рослин.

Встановлено чимало функцій, що їх виконує жасмонова кислота. Вона викликає синтез екстенсинів (відбувається механічне зміцнення клітинної стінки та уповільнення росту, що перешкоджає просуванню інфекційної гіфи), синтез білків-тіонінів (невеликі багаті цистеїном білки, які зв'язуються із мембранними структурами патогена та інактивують останні), синтез фітоалексинів (індукованих антибіотичних речовин рослин), фенолів, а також короткого пептиду системіну. Жасмонати впливають на експресію генів, підсилюючи їх транскрипцію, змінюючи стабільність транскриптів, їх трансляцію і пост-трансляційну модифікацію білків. Як вторинні посередники (месенджери), синтезовані в рослинах у відповідь на атаку патогенів, жасмонати приводять в рух каскад захисних реакцій, який на початкових етапах супроводжується синтезом захисних білків рослин, а на останньому етапі — загальним його пригніченням [9]. Жасмонати індують утворення в рослинах синтез багатьох білків. В цілому можна виділити п'ять груп жасмонат-індукованих захисних білків: інгібітори протеїназ, тіоніни, пролін-багаті білки, ферменти метаболізму фенілпропаноїдів, рибосом-інактивуючі білки. Рослинні інгібітори протеїназ пригнічують активність гідролітичних ферментів грибів і комах, тіоніни фунгітоксичні, пролін- і оксипролін-збагачені білки беруть участь у механічному зміцненні клітинної стінки. Жасмонат-індуковані гени мають в промоторах домен, що відповідає на жасмонат, який включає G-бокс, відомий сайт зв'язування факторів транскрипції із ZIP-структурою. Багато дослідників вважають, що жасмонат може безпосередньо взаємодіяти з цими або іншими постійно синтезованими факторами транскрипції. Можливо також, що жасмонати індують синтез нових або стабілізують різноманітні фактори транскрипції, які у звичайних умовах лімітують транскрипцію цих генів захисту.

Знижуючи концентрацію метилжасмонату, рослинна тканина за-

хищає себе від деградації рибосом, при цьому концентрація гормону може бути достатньо високою для експресії захисних білків, які в поєднанні з іншими захисними сполуками забезпечують системну стійкість до біотичного стресу [10, 11]. Встановлено, що жасмонова кислота та інші похідні жасмонатів беруть участь у трансдукції мікробних сигналів для активації захисних реакцій рослин проти некротрофних патогенів, у тому числі і комах, життєдіяльність яких пов'язана з механічним пошкодженням рослинної тканини (попелиці, кліщі, трипси та ін.). Живлення нематод також пов'язане з пораненням клітин, які вони проколюють за допомогою стилета. Тому логічно передбачити, що захисна відповідь рослини може бути пов'язана із синтезом жасмонатів, які є головними учасниками процесу репарації раневих пошкоджень [12].

**Методика досліджень.** Фітопатологічні обліки ураженості рослин здійснювали згідно із загальноприйнятою методикою [13]. Біохімічні показники активності пероксидази одержували йодометричним методом за Міхлісом і Броньовіцькою [14].

**Результати досліджень.** Проведена нами обробка вегетуючих рослин зернових культур у польових умовах за прогнозом розвитку хвороб, тобто до початку появи перших симптомів ураження, показала достатньо високу технічну ефективність жасмонової кислоти, яка не проявляла фунгіцидних властивостей, а сприяла істотному підвищенню стійкості рослин проти основних захворювань. В таблиці 1 наведено результати цих досліджень на найбільш поширених зернових культурах.

Підтвердженням показників технічної ефективності дії жасмонової кислоти також є одержані позитивні результати щодо динаміки активності у тканинах пшениці озимої окисно-відновного фермента пероксидази у перші після обприскування рослин дні (табл. 2).

Жасмонова кислота та її похідні, аналогічно з класичними регуляторами росту рослин, підсилюють різні фізіологічні процеси, включаючи утворення пилку і бульб, закручування вусиків, дозрівання плодів [15–17]. Багато дослідників вважають, що до фізіологічних процесів, які залежать від жасмонатів, відносяться дозрівання насіння, утворення життєздатних пильників, ріст коренів, запуск програми старіння, а також індукція захисних реакцій проти біотичних та абіотичних стресів [5, 7, 18–21]. Більшість дослідників вважають, що жасмонати необхідно відносити до фітогормонів, але їхні опоненти посилаються на значно вищі їх фізіологічні концентрації, ніж у класичних фітогормонів [22]. Однак, досить широкий спектр сигнально-регуляторних функцій жасмонової кислоти та її похідних дає підстави розглядати ці сполуки як нові регулятори росту і розвитку рослин. Нещодавно встановлено, що жасмонати беруть участь і у ре-

**1. Біологічна ефективність застосування жасмонової кислоти на зернових культурах**

Хвороба	Норма витрати препарату, г/га							
	Контроль, без обробки		35		40		45	
	PX	TE	PX	TE	PX	TE	PX	TE
<i>Озима пшениця, сорт Миронівська 61</i>								
Борошниста роса	25,4	0	13,0	48,8	12,8	49,6	12,6	50,4
Септоріоз	15,0	0	8,3	44,7	7,9	47,3	7,6	49,3
<i>Яра пшениця, сорт Харківська 26</i>								
Борошниста роса	21,8	0	12,0	45,0	11,3	48,2	11,0	49,5
Септоріоз	14,6	0	8,2	43,8	7,8	46,6	7,5	48,6
<i>Озимий ячмінь, сорт Достойний</i>								
Борошниста роса	24,6	0	13,3	45,9	13,0	47,2	12,6	48,8
Септоріоз	15,3	0	8,1	47,1	7,9	48,4	7,7	49,7
<i>Ярий ячмінь, сорт Вакула</i>								
Борошниста роса	20,4	0	12,1	40,7	11,8	42,2	11,5	43,6
Септоріоз	14,0	0	8,0	42,9	7,7	45,0	7,5	46,4
<i>Озиме жито, сорт Дозор</i>								
Борошниста роса	25,6	0	13,8	46,1	13,5	47,3	13,1	48,8
Септоріоз	16,0	0	8,3	48,1	8,1	49,4	7,8	51,3

**Примітка:** PX — розвиток хвороби; TE — технічна ефективність

**2. Динаміка активності пероксидази у тканинах пшениці озимої, мг-екв./хв**

Норма витрати препарату, г/га	Результати аналізу:			
	до обробки	після обробки		
		на 2-й день	на 3-й день	на 4-й день
Контроль, без обробки	26,5	26,4	26,5	26,6
35	26,5	33,9	31,6	30,4
40	26,5	34,8	33,7	31,2
45	26,5	35,7	34,5	31,9

продуктивних процесах [12]. Більшість дослідників поділяє думку, що жасмонова кислота та метилжасмонат, як ендogenous регулятори росту, характеризуються різнобічним проявом фізіологічних ефектів у рос-

лин. Ці гормони беруть участь у формуванні пилку та розвитку квіток, накопиченні вторинних метаболітів, диференціації тканин і органогенезі, регуляції ростових процесів, а також старінні листків і дозріванні плодів [23]. Нами також було досліджено ефективність дії жасмонової кислоти на стабілізацію продуктивності основних зернових культур, відмічено зростання урожайності на 8,7—13,9% (табл. 3).

### 3. Вплив жасмонової кислоти на урожайність зернових культур

Культура	Сорт	Урожайність, ц/га	
		контроль, без обробки жасмоновою кислотою	обробка жасмоновою кислотою, 40 г/га
Пшениця озима	Миронівська 61	36,8	40,0
Пшениця яра	Харківська 26	32,4	36,9
Ячмінь озимий	Достойний	28,9	32,0
Ячмінь ярий	Вакула	27,3	30,2
Жито озиме	Дозор	26,4	29,4

## ВИСНОВОК

Жасмонова кислота є природним регулятором росту рослин та стресовим фітогормоном. Вона відіграє роль активного компонента ліпоксігеназної сигнальної системи для індукції захисних реакцій рослин у відповідь на деякі типи стресів. Вона індукує імунний потенціал рослин: викликає генерацію активних форм кисню, синтез екстенсинів, синтез фітоалексинів та антимікробних білків тіонінів, накопичення PR-білків, синтез інгібіторів протеїназ патогена.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. *Озерецковская О.Л.* Индуцирование устойчивости растений биогенными элиситорами фитопатогенов / О.Л. Озерецковская // Прикл. биохим. и микробиол. — 1994. — Т. 30, №3. — С. 325—339.
2. *Матевосян Г.Л.* К вопросу применения регуляторов роста и индукторов устойчивости в защите растений // Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы экологической безопасности. — С.П.(б). — 2004. — С. 209—210.
3. *Кравченко Д.В.* Возможности применения синтетических регуляторов роста для снижения реинфекции оздоровленного семенного материала картофеля вирусными и другими болезнями // Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы экологической безопасности. — С.П.(б). — 2004. — С. 171—172.
4. An octadecanoid pathway mutant (JL5) of tomato is compromised in

signaling for defense against insect attack / G.A. Howe, J. Lighter, J. Browse, C.A. Ryan // *Plant Cell*. — 1996. — V. 8, № 11. — P. 2067—2077.

5. Колупаев Ю.Е. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров / Ю.Е. Колупаев, Ю.В. Карпец // К.: Основа, 2010. — 350 с.

6. Pozo M.J. Jasmonates-signals in plant microbe interactions / M.J. Pozo, L.C. Van Loon, C.M.J. Pieterse // *J. of Plant growth regulation*. — 2004. — V. 23. — P. 211—222.

7. Якушкина Н.И. Физиология растений / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. — М.: Владос. — 2005. — 463 с.

8. Максимов И.В. Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов / И.В. Максимов, Р.Р. Абизгильдина, Л.И. Пусенкова // Прикл. биохим. и микробиол. — 2011. — Т. 47, № 4. — С. 373—385.

9. Тютерев С.Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве / С.Л. Тютерев // Вестник защиты растений. — 2000. — №1. — С. 11—35.

10. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. — М.: Наука, 2002. — 294 с.

11. Лапа С.В., Ковбасенко Р.В., Ковбасенко В.М., Дмитрієв О.П. Жасмонова кислота: функції та механізми дії. К.: Колобїг. — 2012. — 78 с.

12. *Jasmonates* are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction / N.C. Avanci, D.D. Luche, G.H. Goldman, M.H.S. Goldman // *Genetics and Molecular Research*. — 2010. — V. 9 (1). — P. 484—505.

13. Методика випробування і застосування пестицидів / За ред. С.О. Трибеля. — К.: Світ — 2001. — 448 с.

14. *Определение активности ферментов и их ингибиторов* / Н.П. Ярош, В.В. Арасимович, И.А. Ермаков, Ю.В. Перуанский // Методы биохимических исследований растений. — Л.: Высш. шк., 1987. — С. 36—84.

15. Greelman R.A. Biosynthesis and action of jasmonates in plants / R.A. Greelman, J.E. Mullet // *Ann. Rev. Plant Physiol*. — 1997. — V. 48. — P. 355—381.

16. Роль жасмоновой кислоты в клубнеобразовании оздоровленных *in vitro* сортов картофеля / Р.А. Карначук, Ю.Е. Якимов, М.В. Ефимова и др. // Биотехнология — состояние и перспективы развития. — М.: ЗАО «ПИК Максима». — 2002. — С. 126.

17. Jong-Joo Ch. Methyl jasmonate as a vital substance in plants / Jong-Joo Ch., Yang D.Ch. // *Trends in Genetica*. — 2003. — V. 19, № 7. — P. 409—413.

18. *Electrical and chemical signals involved in short-term systemic photosynthetic responses of tobacco plants to local burning* / V. Hlavackova, P. Krchnak, J. Naus et al. // *Planta*. — 2006. — V. 225. — P. 235—244.

19. *Yoshikawa H.* Effect of low-temperature stress on abscisic acid, jasmonates, and polyamines in apples / H. Yoshikawa, C. Honda, S. Kondo // *Plant Growth Regul.* — 2007. — V. 52. — P. 199—206.

20. *Hyun Y.* Generation and maintaining jasmonic acid in Arabidopsis / Y. Hyun, I. Lee // *Plant Signal Behav.* — 2008. V. 3. — P. 798—800.

21. *Васюкова Н.И.* Жасмонат-зависимая защитная сигнализация в тканях растений / Н.И. Васюкова, О.Л. Озерецковская // *Физиология растений.* — 2009. — Т. 56, № 5. — С. 643—653.

22. *Chaging concepts in plant hormone action / T. Gaspar, C. Kovers, O. Falvre-Rampant et al.* // *In Vitro Cell Dev. Biol. Plant.* — 2003. — V. 39. — P. 85—106.

23. *Сахабутдинова А.Р.* Влияние метилжасмоната на гормональный статус растений пшеницы / А.Р. Сахабутдинова, Ф.М. Шакирова // Тезисы докл. симпозиума «Гормоны и онтогенез». — Уфа. — 2009. — С. 359—360.

### **Борzych А.И., Ретьман С.В., Ковбасенко В.М. Жасмонаты на зерновых культурах**

*В полевых условиях исследовано техническую эффективность и влияние на урожайность жасмоновой кислоты при различных нормах расхода препарата. Показано, что на озимых и яровых пшенице и ячмене, а также ржи озимой наблюдалось существенное снижение развития мучнистой росы и септориоза, а также отмечено положительное влияние на уровень урожайности этих культур.*

### **Borzykh O.I., Retman S.V., Kovbasenko V.M. Jasmonic acid on cereal crops**

*The technical efficiency of different application rate of Jasmonic acid and its influence on productivity had been explored in the field conditions. Materially affect had been shown in winter and spring wheat and barley and rye winter, where was observed decrease of infection level of powdery mildew and Septoria blight and positive impact on productivity of crops.*