

<https://doi.org/10.15407/frg2018.06.499>

УДК 633.1:631.811.982

ВПЛИВ РЕТАРДАНТІВ — ПОХІДНИХ ЦИКЛОГЕКСАНДІОНІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Т.І. МАКОВЕЙЧУК, Л.М. МИХАЛЬСЬКА, В.В. ШВАРТАУ

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: VictorSchwartau@gmail.com*

Досліджували вплив регуляторів росту рослин класу ацилциклогександіонів на пшеницю озиму (*Triticum aestivum* L.) високопродуктивних сортів Смуглянка і Подолянка. У роки проведення дослідів рівень вилягання посівів у контролі був невисоким, а на ділянках із застосуванням моддусу й медаксу топ та їхніх композицій з добривом — відсутнім. Виявлено, що в разі застосування ретардантів конкурентна здатність рослин пшениці в посівах щодо метлюгу звичайного підвищувалась. Встановлено, що за позакореневої обробки рослин ретардантами класу циклогександіонів та інших інгібіторів синтезу гіберелової кислоти разом із мегафолом їх урожайність зростала. Визначено, що зерно озимої пшениці сортів Смуглянка і Подолянка за обробки рослин прогексадіоном кальцію з мепікватхлоридом + мегафол містило відповідно 14,4 і 13,7 % білка та 32,0 і 29,9 % клейковини. Короткостебловий сорт озимої пшениці сорту Смуглянка на відміну від рослин середньорослого сорту Подолянка позитивно реагував на застосування ретардантів щодо впливу на висоту рослин. Встановлено, що урожайність обох сортів пшениці за одночасного внесення ретардантів і добрива мегафол позакоренево підвищувалась.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., пшениця озима, ретарданти, продуктивність.

Прогноз щодо зростання чисельності населення в наступні десятиліття зумовлює необхідність підвищення продуктивності культур у рослинництві для забезпечення потреб у продовольстві [2, 11]. Пшениця є однією з найважливіших продовольчих культур в Україні та багатьох інших країнах світу. Підвищення її продуктивності — фундаментальна стратегія з часу зеленої революції [2, 18]. В останні роки головним трендом є збільшення виробництва пшениці внаслідок підвищення врожайності та рентабельності культури [4, 10, 19].

Технології вирощування зернових злаків передбачають використання мінеральних добрив, пестицидів, регуляторів росту та інших речовин, які розкривають генетичний потенціал рослин і захищають їх від абіотичних та біотичних стресів [1, 2, 15].

Важливим елементом сучасних технологій вирощування зернових є протидія вилягання посівів, яке значно знижує продуктивність і якість зерна. Необхідність таких заходів зумовлена застосуванням високих доз азотних добрив для максимального

розкриття потенціалу продуктивності сортів [1, 2, 22], проте за таких умов стебло злаків витягується, уражується хворобами і втрачає механічну міцність [14].

Вилягання зернових культур, насамперед високопродуктивних посівів пшениці, є одним з основних чинників, які обмежують отримання високих урожаїв та якісного насіння [7], знижують фотосинтетичну здатність, створюють сприятливе середовище для росту грибів і розвитку хвороб листків [4]. Втрати врожаю пшениці за вилягання можуть сягати 10–80 % [6, 20]. Вилягання посівів призводить до погіршення умов збирання врожаю, технологічних і посівних якостей зерна.

Щоб запобігти виляганням посівів, використовують ретарданти — синтетичні регулятори росту різної хімічної природи [1, 2, 9], механізмом дії яких є зниження лінійної висоти рослин через інгібування синтезу гіберелінів, ауксинів або індукування синтезу етилену.

Ретарданти за нестачі вологи можуть призводити до надмірного вкорочення стебла й укорочення колоса [21], що спричинює зменшення кількості насіння. Крім того, інгібітори росту, які в основному впливають на синтез гібереліну, здатні знижувати рівні GA1 в насінні пшениці [17] й інгібувати інші метаболічні шляхи [13, 12]. Ретарданти також можуть зменшувати вегетативну біомасу рослин і призводити до зменшення виповненості насіння. За їх використання зменшується площа листків, що може спричинити скорочення фотосинтезуючої поверхні рослин, тоді як зменшення маси колоса може призвести до зменшення кількості накопичених запасних речовин під час наливання зерна [9]. Водночас ретарданти можуть зумовити морфологічні зміни при скороченні висоти рослин — надати їм більш оптимізовану архітектуру для використання екологічних ресурсів [21]. Ця особливість прояву активності ретардантів може посилитись за одночасного використання регуляторів росту рослин (PPP) і добрив позакоренево, насамперед добрив, що містять амінокислоти.

Більшість сучасних ретардантів є інгібіторами біосинтезу гіберелінів. Передусім це онієві сполуки: хлормекватхлорид, мепікватхлорид та інші, які інгібують перетворення геранілгеранілпірофосфату до *ent*-каурену. Наступне перетворення до *ent*-кауренату каталізують цитохром- P_{450} -залежні моноксигенази. Високоєфективними ретардантами є ацилциклогександіони: тринексапакетил, прогексадіон-Са та дамінозид, які інгібують переважно 3β -гідроксилювання й утворення високоактивних гіберелінів з неактивних похідних [1, 2, 17, 21].

Сполуки четвертинного амонію — хлормекватхлорид і мепікватхлорид є інгібіторами ранніх стадій біосинтезу гіберелінів, тоді як тринексапакетил і прогексадіон-Са блокують пізніші його стадії [17].

Похідні ацилциклогександіонів можна використовувати в широкому вікні вегетаційного сезону — від фази ВВСН 21 до генеративного періоду, в тому числі й за нестачі вологи. Однак ще недостатньо інформації щодо впливу цих речовин на формування врожаю і якість зерна озимої пшениці, а також щодо можливості їх застосування разом із добривами для позакореневого внесення.

Метою роботи було дослідження впливу сучасних ретардантів класу ацилциклогександіонів на окремі елементи структури врожаю, продуктивність і якість зерна рослин озимої пшениці, у тому числі й у композиціях із добривом на основі гідролізатів рослин.

Методика

Посіви пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сортів Смуглянка і Подолянка, селекції ІФРГ НАН України (сміт Глеваха, Васильківський р-н, Київська обл., облікові ділянки — 10 м², повторність шестиразова) обробляли однократно навесні у фазу ВВСН 37 такими регуляторами росту рослин: тринексапакетил (моддус 250 ЕС, Syngenta, Швейцарія), мепікватхлорид + етефон (терпал) та прогексадіон-Са + мепікватхлорид (медакс топ), обидва виробництва BASF (Німеччина), у дозах відповідно 0,6; 1,5 і 1,0 л/га, а також комплексом макро- та мікроелементів на основі амінокислот гідролізатів рослин — мегафол, 1,5 л/га (Valagro, Італія). Протягом вегетації рослини обробляли фунгіцидами й інсектицидами, зокрема у фази кушіння, цвітіння та по прапорцевому листку. Рослини підживлювали, загальний фон живлення N₁₃₀P₁₀₀K₁₄₀S₂₀, а також проводили фенологічні спостереження.

Досліди виконували в період 2015—2018 рр. У таблицях наведено усереднені дані за 2016—2018 рр. У зв'язку з регулярними посухами навесні в посівах домінували рослини з одним продуктивним стеблом.

Урожай збирали прямим комбайнуванням. Вміст білка та клейковини в зерні пшениці озимої визначали за допомогою ІЧ-аналізатора Inframatic 6300 фірми Pertem (Швеція) на дослідній станції компанії Syngenta, м. Біла Церква. Результати оброблено статистично за допомогою стандартного пакету програм Microsoft Excel OgC Stat.

Результати та обговорення

Встановлено (табл. 1), що в роки досліджень вилягання посівів було невеликим і спостерігалось лише на ділянках контролю та застосування

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив ретардантів на вилягання високопродуктивних посівів пшениці озимої

Варіант	Смуглянка		Подолянка	
	Кут нахилу рослин, %	Вилягання посівів, %	Кут нахилу рослин, %	Вилягання посівів, %
Контроль	15	30	10	35
Моддус, 0,6 л/га	0	0	0	0
Терпал, 1,5 л/га	0	5	0	5
Медакс топ, 1,0 л/га	0	0	0	0
Мегафол, 1,5 л/га	9	25	10	25
Моддус, 0,6 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	0	0	0	0
Терпал, 1,5 л/га + мегафол, 1,5 л/га	0	0	0	0
Медакс топ, 1,0 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	0	0	0	0
НІР _{0,05}	10	10	15	15

Примітка. Кут нахилу рослин наведено на 21-шу добу після обробки, рівень вилягання посівів — перед жнивими.

ТАБЛИЦЯ 2. Вплив ретардантів на показники структури продуктивності головних пагонів рослин озимої пшениці сорту Смуглянка

Варіант	Висота рослини, см	Довжина колоса, см	Кількість, шт.		Маса насіння, г
			колосків	насінин	
Контроль	70,2±3,5	8,6±0,4	18,6±0,9	44,8±2,2	2,18±0,11
Моддус, 0,6 л/га	61,0±3,5	9,0±0,4	19,4±0,9	44,6±2,1	2,53±0,09
Терпал, 1,5 л/га	68,8±3,4	8,9±0,4	19,4±0,9	42,8±2,2	2,12±0,10
Медакс топ, 1,0 л/га	60,8±3,0	9,0±0,4	18,8±0,8	44,6±2,1	2,60±0,09
Мегафол, 1,5 л/га	70,2±3,5	9,0±0,4	18,6±0,9	45,9±2,2	2,55±0,10
Моддус, 0,6 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	62,8±3,6	9,1±0,4	18,2±0,9	47,8±2,0	2,75±0,09
Терпал, 1,5 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	66,2±3,3	9,0±0,4	19,4±0,9	46,0±2,4	2,42±0,11
Медакс топ, 1,0 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	64,0±3,6	9,2±0,4	19,7±0,9	49,6±2,0	2,79±0,08

добрива. За внесення ретардантів, а також композицій ретардантів з добривом вилягання не спостерігалось.

Зазначимо, що ретарданти у дослідях впливали також на формування архітектури посіву. Так, на ділянках контролю у фазу ВВСН 51 в досліджуваних сортів пшениці виявлено поодинокі рослини метлюгу звичайного (*Apera spica-venti* L.), які піднялися над посівом. У варіантах із застосуванням моддусу та медакс топ теж виростили поодинокі рослини метлюгу звичайного, проте вони знаходилися у нижчих ярусах і не підіймалися вище від колоса сортів пшениць.

Досліджені інгібітори росту чинили істотний вплив на показники продуктивності оброблених рослин пшениці озимої порівняно з необробленим контролем (табл. 2, 3).

ТАБЛИЦЯ 3. Вплив ретардантів на показники структури продуктивності головних пагонів рослин озимої пшениці сорту Подолянка

Варіант	Висота рослини, см	Довжина колоса, см	Кількість, шт.		Маса насіння, г
			колосків	насінин	
Контроль	77,0±3,8	8,2±0,4	17,4±0,8	36,4±1,5	1,84±0,06
Моддус, 0,6 л/га	73,2±3,8	8,4±0,4	17,8±0,8	38,6±1,9	1,95±0,09
Терпал, 1,5 л/га	73,6±3,8	8,6±0,4	18,2±0,9	34,8±1,7	1,54±0,08
Медакс топ, 1,0 л/га	72,4±3,7	9,2±0,5	19,2±0,9	42,2±2,1	1,97±0,09
Мегафол, 1,5 л/га	77,8±3,8	9,0±0,4	19,0±0,9	40,0±2,0	1,81±0,09
Моддус, 0,6 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	74,6±3,9	9,2±0,6	18,8±0,9	39,9±1,9	2,32±0,1
Терпал, 1,5 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	73,0±3,8	8,8±0,4	18,8±0,9	37,8±1,8	1,65±0,08
Медакс топ, 1,0 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	73,4±3,8	9,4±0,4	19,8±0,8	41,0±1,8	2,49±0,08

ТАБЛИЦА 4. Урожайность та показники якості зерна озимої пшениці за впливу ретардантів

Варіант	Смуглянка				Подольнянка			
	Урожай- ність, ц/га	Білок, %	Клейковина, %	Маса 1000 зернин, г	Урожай- ність, ц/га	Білок, %	Клейковина, %	Маса 1000 зернин, г
	Контроль	60,1	13,7	30,8	44,25	59,8	13,6	29,4
Модус, 0,6 л/га	61,5	13,6	30,5	44,04	58,0	13,8	29,5	42,37
Терпал, 1,5 л/га	60,5	13,4	30,2	45,36	59,5	13,4	29,1	42,64
Медакс топ, 1,0 л/га	61,7	13,2	30,5	43,75	62,0	13,6	29,5	41,14
Мегафол, 1,5 л/га	63,5	13,8	31,0	45,51	59,0	13,9	29,8	42,15
Модус, 0,6 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	65,0	13,9	31,2	48,90	71,1	13,9	29,8	44,84
Терпал, 1,5 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	64,0	13,4	31,0	45,45	66,8	13,4	29,3	44,77
Медакс топ, 1,0 л/га + + мегафол, 1,5 л/га	71,0	14,4	32,0	48,12	68,9	13,7	29,9	44,94
НІР _{0,05}	3,1	0,4	0,9	2,91	3,8	0,2	1,1	1,42

Відомо, що інгібітори росту впливають на кількість насінин, масу 1000 зернин у колосі та на продуктивність зернових колосових культур [8, 9]. Висота рослин пшениці озимої короткостеблового сорту Смуглянка найбільше знижувалась у разі застосування ретардантів класу ацилциклогександіонів — моддусу та медакс топ. За внесення мегафолу в дозі 1,5 л/га висота рослин не змінювалася. За додавання до робочих розчинів ретардантів добрива їх дія щодо впливу на висоту рослин мала тенденцію до зниження.

Довжина колоса за дії ретардантів і добрива вірогідно не змінювалася. Найдовшими в досліді виявились колоси за дії ацилциклогександіонів у композиції з мегафолом — 9,1—9,2 см. Подібні залежності встановлено й за дії агрохімікатів на кількість колосків, насінин у колосі та маси насіння в колосі.

На відміну від рослин короткостеблового сорту Смуглянка рослини середньорослого сорту Подолянка дещо слабкіше реагували на застосування ретардантів, добрив та композицій ретарданти + добриво щодо висоти рослин. Це може бути пов'язано зі щорічними посухами навесні в період перед внесенням РРР, за яких реакція середньорослого пластичного сорту щодо зниження висоти рослин інгібувалася. При цьому довжина колоса, кількість колосків і насінин у колосі та маса зернин у колосі також сягали найвищих рівнів за внесення моддусу та медакс топ + мегафол.

У сучасній літературі інформація щодо впливу ретардантів на врожайність зернових колосових культур істотно варіює. Так, урожай зернових культур може зростати, якщо рослини у посіві не вилягають [16].

Урожайність озимої пшениці сорту Подолянка за обробки рослин ретардантами була дещо вищою, ніж у контролі. Мепікватхлорид з етефоном (терпал, 1,5 л/га) підвищував урожайність пшениці. У разі застосування композиції регулятора росту з добривом урожайність культури зростала. При цьому похідні ацилциклогександіону (моддус та медакс топ) сильніше впливали на врожайність у композиції з мегафолом порівняно з терпалом.

За внесення ретардантів виявлено тенденцію до зниження накопичення білка в зерні пшениці сорту Смуглянка на відміну від зерна сорту Подолянка [3], що може бути пов'язано з несприятливими погодними умовами вегетаційних сезонів проведення дослідів (див. табл. 4) — післядія впливу посух навесні на рослини спостерігалась фактично до самих жнив.

Додавання добрива до робочих розчинів ретардантів нівелювало дію РРР щодо зниження вмісту білка. Найвищі у досліді вміст клейковини та маса 1000 зернин були у варіантах із застосуванням ацилциклогександіонів + мегафол.

Отже, ретарданти класу циклогександіонів у композиціях із мегафолом можна використовувати для підвищення продуктивності озимої пшениці. Застосування добрив у композиціях із ретардантами — похідними ацилциклогександіонів підвищує здатність рослин конкурувати з бур'янами і посилює вплив РРР на підвищення продуктивності посівів навіть за відсутності їх вилягання.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та оптимальні системи живлення й захисту озимої пшениці. Київ: Логос, 2015. 148 с.
2. Моргун В.В., Швартау В.В., Киризий Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. **42**, № 5. С. 371—392.
3. ДСТУ 3768:2010. Національний стандарт України. Пшениця. Технічні умови. Київ, 2010. 25 с.
4. Acreche M.M., Slafer G.A. Lodging yield penalties as affected by breeding in Mediterranean wheats. *Field Crops Res.* 2011. **122**. P. 40—48.
5. Beasley J.S., Branham B.E., Ortiz-Ribbing L.M. Trinexapac-ethyl affects Kentucky bluegrass root architecture. *Hort Science*. 2005. **40**. P. 1539—1542.
6. Berry P.M., Spink J. Predicting yield losses caused by lodging in wheat. *Field. Crops Res.* 2012. **137**. P. 19—26.
7. Berry P.M., Sterling M., Spink J.H., Baker C.J., Sylvester-Bradley R., Mooney S., Tams A.R., Ennos A.R. Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy*. 2004. **84** (04). P. 215—269.
8. Espindula M.C., Rocha V.S., Fontes P.C.R., Silva R.C.C., Souza L.T. Effect of nitrogen and trinexapac-ethyl rates on the SPAD index of wheat leaves. *J. Plant Nutr.* 2009 a. **32** (11). P. 1956—1964. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01904160903245113>.
9. Espindula M.C., Rocha V.C., Grossi J.A.S., Souza M.A., Souza L.T., Favarato L.F. Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha*. 2009 b. **27**(2). P. 379—387. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-8358200900020002>
10. Fischer R.A., Edmeades G.O. Breeding and cereal yield progress. *Crop Sci.* 2010. **50**. P. 85—98.
11. Foulkes M.J., Slafer G.A., Davies W.J., Berry P.M., Sylvester-Bradley R., Martre P., Calderini D.F., Griffiths S., Reynolds M.P. Raising yield potential of wheat III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *J. Exp. Bot.* 2011. **62**. P. 469—486.
12. Hajihashemi S., Kiarostami K., Saboora A., Enteshari S. Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in salt-stressed wheat plants. *J. Plant Growth Regul.* 2007. **53**. P. 117—128.
13. Heckman N.L., Elthon T.E., Horst G. L., Gaussoin R.E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. *Crop Science*. 2002. **42**. P. 423—427.
14. Kong E.Y., Liu D.C., Guo X.L., Yang W.L., Sun J.Z., Li X., Zhan K., Cui D., Lin J., Zhang A. Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. *The Crop Journal*. 2013. **1**, N 1. P. 43—49.
15. Marschner H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd edn. London, U.K.: Academic Press, 2012. 672 p.
16. Matysiak K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. *J. Plant Prot. Res.* 2006. **46** (2). P. 133—143.
17. Rademacher W. Growth retardants: Effect of gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 2000. **51**. P. 501—531. doi: <http://doi: 0.1146/annurev.arplant.51.1.501>
18. Reynolds M., Foulkes J., Furbank R., Griffiths S., King J., Murchie E., Parry G., Slafer M. Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environ.* 2012. **35**. P. 1799—1823.
19. Slafer G.A., Araus J.L. Physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In: Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene—Plant—Crop Relations. J.H.J. Spiertz, P.S. Struik, H.H. van Laar (Eds.). Dordrecht: Springer, 2007. P. 147—156.
20. Tripathi S.C., Sayre K.D., Kaul J.N. Planting systems on lodging behavior yield components, and yield of irrigated spring bread wheat. *Crop Sci.* 2005. **45**. P. 1448—1455. doi: <http://doi.org/10.2135/cropsci2003-714>
21. Zagonel J., Fernandes E.C. Rates and application times of growth reducer affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. *Planta Daninha*. 2007. **25**, N 2. P. 331—339.
22. Zhang M., Wang H., Yi Y., Ding J., Zhu M., Li C., Guo W., Feng C., Zhu X. Effect of nitrogen levels and nitrogen ratios on lodging resistance and yield potential of winter

wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS One*. 2017. **12**(11). doi: [http://doi: 10.1371/journal.pone.0187543](http://doi.org/10.1371/journal.pone.0187543)

Отримано 30.11.2018

REFERENCES

1. Morgun, V.V., Sanin, Ye.V. & Schwartau, V.V. (2015). Club 100 centner. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
2. Morgun, V.V., Schwartau, V.V. & Kiriziy, D.A. (2010). Physiological basis of the formation of high productivity of cereals. *Fiziologiya i biokhimiya kult. rasteniy*, 42, No. 5, pp. 371-392 [in Russian].
3. DSTU 3768: 2010. (2010). National standard of Ukraine. Wheat. Specification, Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Ukrainian].
4. Acreche, M.M. & Slafer, G.A. (2011). Lodging yield penalties as affected by breeding in Mediterranean wheats. *Field Crops Res.*, 122, pp. 40-48.
5. Beasley, J.S., Branham, B.E. & Ortiz-Ribbing, L.M. (2005). Trinexapac-ethyl affects Kentucky bluegrass root architecture. *Hort. Science*, 40, pp.1539-1542.
6. Berry, P.M. & Spink, J. (2012). Predicting yield losses caused by lodging in wheat. *Field Crops Res.*, 137, pp. 19-26.
7. Berry, P.M., Sterling, M., Spink, J.H., Baker, C.J., Sylvester-Bradley, R., Mooney, S., Tams, A. R. & Ennos, A. R. (2004). Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy*, 84 (04), pp. 215-269.
8. Espindula, M.C., Rocha, V.S., Fontes, P.C.R., Silva, R.C.C. & Souza, L.T. (2009 a). Effect of nitrogen and trinexapac-ethyl rates on the SPAD index of wheat leaves. *J. Plant Nutr.*, 32(11), pp. 1956-1964. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01904160903245113>.
9. Espindula, M.C., Rocha, V.C., Grossi, J.A.S., Souza, M.A., Souza, L.T. & Favara-to, L.F. (2009 b). Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha*, 27(2), pp. 379-387. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-8358200900020002>
10. Fischer, R.A. & Edmeades, G.O. (2010). Breeding and cereal yield progress. *Crop Sci.*, 50, pp. 85-98.
11. Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Davies, W.J., Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Calderini, D.F., Griffiths, S. & Reynolds, M.P. (2011). Raising yield potential of wheat III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *J. Exp. Bot.*, 62, pp. 469-486.
12. Hajjhashemi, S., Kiarostami, K., Saboora, A. & Enteshari, S. (2007). Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in salt-stressed wheat plants. *J. Plant Growth Regul.*, 53, pp. 117-128.
13. Heckman, N.L., Elthon, T.E., Horst, G.L. & Gaussoin, R.E. (2002). Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. *Crop Science*, 42, pp. 423-427.
14. Kong, E.Y., Liu, D.C., Guo, X.L., Yang, W.L., Sun, J.Z., Li, X., Zhan, K., Cui, D., Lin, J. & Zhang, A. (2013). Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. *The Crop J.*, 1 (1), pp. 43-49.
15. Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd edn. London, U.K.: Academic Press.
16. Matysiak, K. (2006). Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. *J. Plant Prot. Res.*, 46 (2), pp. 133-143.
17. Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effect of gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 51, pp. 501-531.
18. Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, G. & Slafer, M. (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environ.*, 35, pp. 1799-1823.
19. Slafer, G.A. & Araus, J.L. (2007). Physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. J.H.J. Spiertz, P.S. Struik, H.H. van Laar (Eds.). In *Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene—Plant—Crop Relations*. (pp. 147-156). Dordrecht: Springer.
20. Tripathi, S.C., Sayre, K.D. & Kaul, J.N. (2005). Planting systems on lodging behavior yield components, and yield of irrigated spring bread wheat. *Crop Sci.*, 45, pp. 1448-1455. doi: <http://doi.org/10.2135/cropsci2003-714>

21. Zagonel, J. & Fernandes, E.C. (2007). Rates and application times of growth reducer affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. *Planta Daninha*, 25(2), pp. 331-339.
22. Zhang, M., Wang, H., Yi, Y., Ding, J., Zhu, M., Li, C., Guo, W., Feng, C. & Zhu, X. (2017). Effect of nitrogen levels and nitrogen ratios on lodging resistance and yield potential of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS One*. 12(11). doi: <http://doi:10.1371/journal.pone.0187543>

Received 30.11.2018

ВЛИЯНИЕ РЕТАРДАНТОВ — ПРОИЗВОДНЫХ ЦИКЛОГЕКСАНДИОНОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

Т.И. Маковейчук, Л.Н. Михальская, В.В. Швартау

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Исследовали влияние регуляторов роста растений класса ацилциклогександионов на пшеницу озимую (*Triticum aestivum* L.) высокопродуктивных сортов Смуглянка и Подолянка. В годы проведения опытов уровень полегания посевов в контроле был невысоким, а на участках с применением моддус и медакс топ и их композиций с удобрением — отсутствовал. Обнаружено, что при применении ретардантов конкурентная способность посевов пшеницы к метлице повышалась. Установлено, что внекорневая обработка растений ретардантами класса циклогександионов и других ингибиторов синтеза гибберелловой кислоты с мегафолом приводила к росту урожайности растений. Определено, что зерно пшеницы озимой сортов Смуглянка и Подолянка при обработке растений прогексационом кальция с мепикватхлоридом + мегафол содержало соответственно 14,4 и 13,7 % белка, 32,0 и 29,9 % клейковины. Короткостебельный сорт озимой пшеницы сорта Смуглянка в отличие от растений среднерослого сорта Подолянка положительно реагировал на применение ретардантов относительно высоты растений. Установлено, что урожайность обоих сортов пшеницы при одновременном внесении ретардантов и удобрения мегафол повышалась.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., пшеница озимая, ретарданты, продуктивность.

INFLUENCE OF RETARDANTS — DERIVATIVES OF CYCLOHEXANEDIONES ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

T.I. Makoveychuk, L.M. Mikhalska, V.V. Schwartz

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: VictorSchwartau@gmail.com

The effect of plant growth regulators of the class acylcyclohexanediones on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) of highly productive varieties Smuglyanka and Podolyanka was studied. In the years of experiments, the level of lodging in the control was low, and in the variants using moddus and medax top and their compositions with fertilizer were absent. It was noted that the application of retardants increases the competitive ability of wheat crops to weed *Apera spica-venti* L. It was shown that treatment of plants by retardants of the class of cyclohexanediones and other inhibitors of synthesis of gibberellic acid with megafol 1.5 l/ha, led to the increase of plant productivity. It was established that grain of Smuglyanka and Podolyanka varieties plants treated with progexadione Ca with mepiquathloride + megafol contained 14.4 and 13.7 % protein, 32.0 and 29.9 % gluten respectively. The short-stem wheat variety Smuglyanka, in contrast to the plants of the middle-height Podolyanka variety, responded positively to the use of retardants in relation to plant height. At the same time, for both varieties, an increase of yield was established while simultaneously adding megafol fertilizer.

Key words: *Triticum aestivum* L., winter wheat, retardants, productivity.