

Эффективность применения регуляторов роста на основе тринексапак-этила на озимой пшенице

Ф. И. Привалов, доктор с.-х. наук,
И. Г. Бруй, В. В. Холодинский, кандидаты с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 15.04.2023)

В статье изложены результаты многолетних исследований по изучению эффективности регуляторов роста растений на основе тринексапак-этила на озимой пшенице. Построены корреляционные связи количества стеблей в фазе BBCH 31–32, а также плотности продуктивного стеблестоя с устойчивостью к полеганию озимой пшеницы, между нормой внесения регулятора роста Моддус, КЭ и длиной междоузлий. Показана эффективность способов применения ретардантов на основе тринексапак-этила на устойчивость к полеганию озимой пшеницы и их влияние на элементы продуктивности и урожайности культуры. Внесение тринексапак-этила в фазе BBCH 31–32 (70–105 г/га д. в.) повышает устойчивость к полеганию на 2,0–4,5 балла и сохраняет в среднем 6,8 ц/га зерна. Двукратное применение регуляторов роста в фазах BBCH 31–32→39–49 по 35–50 г/га д. в. повышает устойчивость к полеганию на 2,0–6,0 баллов и в годы с достаточной влагообеспеченностью сохраняет в среднем 6,2 ц/га зерна, при недостатке осадков отмечено снижение урожайности озимой пшеницы.

Введение

Наряду с достижениями в селекции и соблюдением технологии возделывания озимых культур (подбор сортов, сроков сева, сбалансированное минеральное питание, дробное внесение азотных удобрений, защита растений от болезней), основным технологическим приемом, повышающим устойчивость посевов к полеганию, является обработка их ретардантами [3]. Современные технологии позволяют изменять устойчивость посева, влияя на высоту растений, длину и толщину стебля, размеры междоузлий, диаметр и количество проводящих пучков, содержание лигнина и целлюлозы в стебле, которых в соломе может содержаться от 12 до 20 %, плотность продуктивного стеблестоя и т. д. [2, 4–9].

Цель исследований заключалась в установлении корреляционных связей между устойчивостью посевов озимой пшеницы к полеганию с плотностью стеблестоя и гидротермическими показателями в период «весеннее кущение – выход в трубку», а также эффективности применения регуляторов роста на основе тринексапак-этила.

Материалы и методы исследований

Сорта озимой пшеницы, которые были оценены на устойчивость к полеганию в разные годы (1998–2020 гг.), относятся к интенсивному генотипу: Сюита, Спектр, Узлет, Ода, Капылянка, Завет, Авангардная, Августина, а также короткостебельные Амелия и Нутка с высокой устойчивостью и устойчивостью к полеганию.

Эффективность применения регуляторов роста (Моддус, КЭ, Костандо, КЭ, Перфект, КЭ, Кальма, КЭ) с действующим веществом тринексапак-этил изучали

The article presents the results of many years of research on the effectiveness of plant growth regulators based on trinexapac-ethyl on winter wheat. Correlations have been constructed between the number of stems in the BBCH 31–32 phase and the density of the productive stem with resistance to lodging of winter wheat, between the rate of germination of the growth regulator Moddus, CE and the length of the internodes. The effectiveness of the methods of using retardants based on trinexapac-ethyl on the resistance to lodging of winter wheat and their effect on the elements of productivity and crop yield is shown. The introduction of trinexapac-ethyl into the phase of BBCH 31–32 (70–105 g/ha d. v.) increases the resistance to lodging by 2,0–4,5 points and retains an average of 6,8 c/ha of grain. The double use of growth regulators in the phases of BBCH 31–32→39–49 by 35–50 g/ha increases the resistance to lodging by 2,0–6,0 points and retains an average of 6,2 c/ha of grain.

в полевых условиях в разные годы (2007–2018 гг.) на сортах Сюита (2007–2011 гг.), Завет (2007 г.), Ода, Нутка (2014 г.), Августина (2017–2018 гг.).

Полевые опыты закладывали ежегодно на новом поле севооборота, согласно методике проведения полевых исследований [1]. Площадь делянки – 25–60 м², норма высева – 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Удобрения вносили из расчета N_{120–160}P_{40–60}K_{80–120}. Защиту от сорняков, болезней и вредителей проводили в соответствии с отраслевым регламентом возделывания культуры.

Устойчивость посевов к полеганию оценивали в баллах, где 9 – отсутствие полегания на делянке, 0 – полное полегание.

Уборку в опытах проводили методом прямого комбайнирования и учета урожайности поделяночно с последующим пересчетом ее на 100 % чистоту и стандартную влажность (14 %).

Статистическая обработка данных проведена методами дисперсионного и регрессионного анализов по Б. А. Доспехову с помощью пакета программ, входящего в состав Microsoft Excel и с использованием компьютерной программы AB-STAT.

Результаты исследований

Устойчивость озимой пшеницы к полеганию отличалась по годам исследований и зависела от почвенно-климатических, погодных условий и технологии возделывания.

По результатам исследований, проведенных в 1998–2021 гг., можно сказать, что наименьшие риски к полеганию имеет озимая пшеница сортов Амелия, Узлет, Нутка – в среднем устойчивость к полеганию оценивалась на 8,5; 7,0 и 8,0 баллов соответственно. Затем можно

выделить сорта: Ода – 6,0 баллов, Сюита – 5,5, Спектр – 4,5, Капылянка – 3,0 балла.

В работе проведен корреляционный анализ связи количества осадков, температуры воздуха по месяцам с марта по июнь и степени полегания посевов за 1998–2017 гг. Предполагалось, что должна существовать тесная корреляционная связь плотности стеблестоя с осадками и температурой воздуха в период весеннего кущения культуры и отрицательная зависимость с устойчивостью к полеганию.

Однако установлено:

- корреляционная связь количества стеблей в начале выхода в трубку, а также плотности продуктивного стеблестоя озимой пшеницы с устойчивостью к полеганию слабая ($r = -0,196$ и $r = -0,195$);
- число побегов кущения на единице площади тесно связано только с температурой воздуха в марте ($r = 0,793$), однако плотность продуктивного стеблестоя с температурой в марте связана слабо ($r = 0,222$);
- корреляционные связи продуктивного стеблестоя и устойчивости к полеганию с осадками в марте – июне отсутствовали, либо были невысокими, однако взаимосвязь между устойчивостью к полеганию и суммой осадков за весь период кущения – колосшение составила $r = -0,4292$.

Спрогнозировать степень полегания озимой пшеницы с высокой долей вероятности на основе гидротермических коэффициентов и плотности стеблестоя в марте – мае не представляется возможным. Однако можно однозначно сказать, что в производстве отсутствуют сорта, которые не реагируют на погодные условия вегетационного периода и абсолютно устойчивы к полеганию, поэтому применение ретардантов может быть эффективным на любом сорте.

Так как нижняя часть соломины в большей степени подвержена механическому повреждению (излому), а последнее подколосное междоузлие самое длинное и «отвечает» за парусность посева, то изучение способов

внесения регуляторов роста на озимой пшенице основывалось на следующей теории: надо внести регулятор роста в период интенсивного отрастания 1-го и 2-го междоузлий (рисунок 1), чтобы снизить длину и укрепить нижнюю часть, или необходимо снизить и самое длинное подколосное междоузлие, чтобы максимально уменьшить высоту посева.

В опытах установлено, что применение регуляторов роста на основе тринексапак-этил активно тормозит рост вытягивающихся после обработки междоузлий. Корреляционная связь между нормой внесения Моддус, КЭ (тринексапак-этил, 250 г/л) – 0,2; 0,4 и 0,5 л/га и снижением длины первого междоузлия очень тесная ($r = 0,9072$) и описывается уравнением прямолинейной связи при высоком уровне детерминации ($R^2 = 0,8231$). Влияние на рост второго междоузлия ослабевает, но связь с нормой расхода остается сильной ($r = 0,7457$) (рисунок 2).

Ранее установлено, что основной рост первых двух междоузлий длится порядка 15–23 дней. Можно констатировать, что препараты на основе тринексапак-этила, внесенные в период роста первого междоузлия, сохраняют свою активность порядка двадцати дней в зависимости от нормы внесения, погодных условий, интенсивности сорта и технологии возделывания.

Применение регулятора роста Моддус, КЭ в благоприятных условиях возделывания озимой пшеницы сортов Завея, Капылянка и Сюита в норме расхода 0,4 л/га в фазе ВВСН 31–32 снижало длину первых двух междоузлий в среднем по сортам на 28,7 и 26,9 %, высота растений снизилась с 119 см до 109 см (на 8,4 %) (рисунок 3). Увеличение нормы внесения препарата Моддус до 0,5 л/га оказало более значительное влияние на рост соломины. Длина первых двух междоузлий снизилась на 41,0 и 35,9 %, далее сохранилась тенденция формирования более коротких междоузлий: высота растений пшеницы снизилась на 13,5 %.

Наибольшее влияние на рост соломины оказала двукратная обработка посевов препаратом по 0,2 л/га в начале роста первого и последнего подколосного



Рисунок 1 – Междоузлия озимой пшеницы

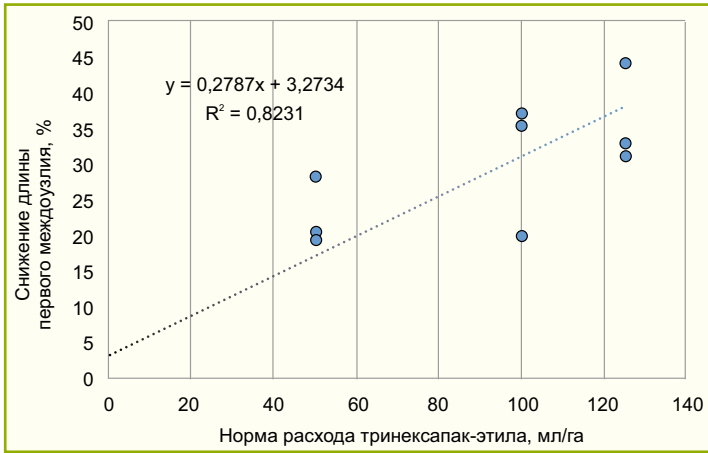


Рисунок 2 – Связь нормы внесения регулятора роста со снижением длины междоузлий

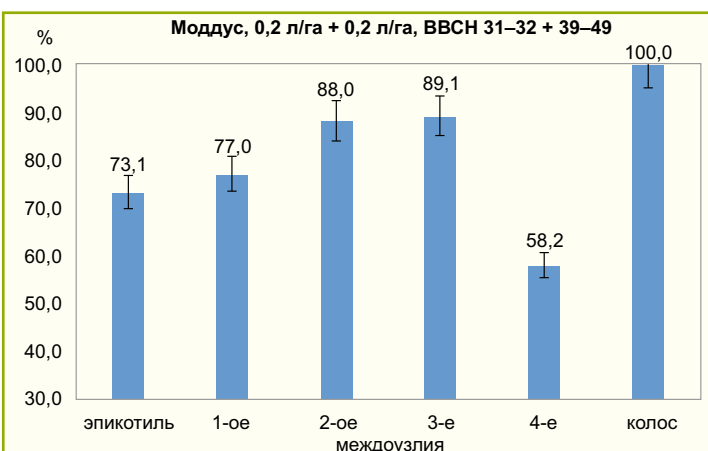
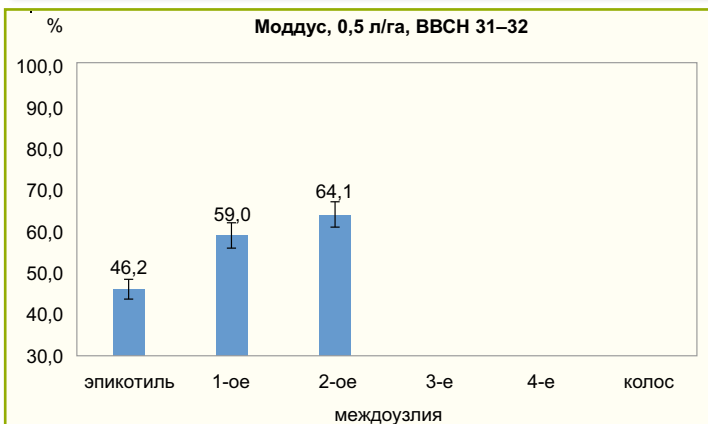
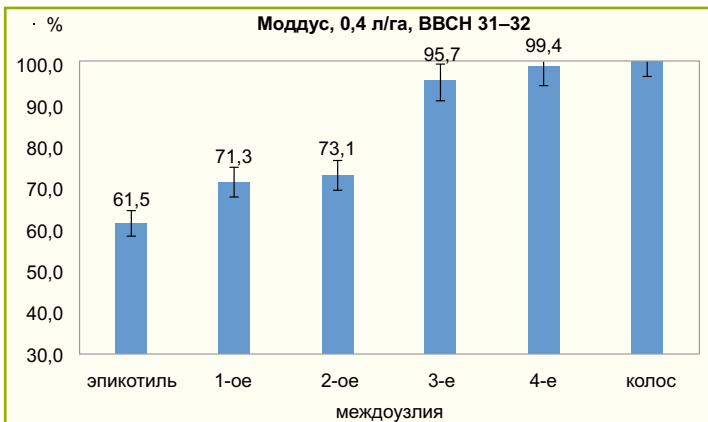


Рисунок 3 – Относительная длина междоузлий в сравнении с контролем (среднее по трем сортам)

междоузлия: высота растений снизилась в среднем по сортам на 25,1 % (30 см). Однако, в этом случае достоверно меньшая плотность продуктивного стеблестоя на двух сортах (Завая и Сюита) снизила урожайность пшеницы на 5,3 и 7,0 % соответственно.

Изучая эффективность различных регуляторов роста на основе тринексапак-этила, рассматривали однократное внесение препаратов в фазе ВВСН 31–32 в норме расхода 70–105 г/га д. в. и двукратное внесение половинных норм (35–50 г/га д. в.) в фазах ВВСН 31–32→ВВСН 39–49.

Полегание посевов в благоприятные или близкие к благоприятным для озимой пшеницы годы исследований отмечалось в основном в фазе налива зерна после сильных ветров и шквалистых дождей. В среднем устойчивость к полеганию составила 4,5 балла (от 2,5 до 7 баллов), даже в годы с недостатком осадков в период выхода в трубку пшеница имела очаговое полегание после сильных дождей в июле 2017 г. (таблица 1).

Применение ретардантов на основе тринексапак-этила в начале выхода культуры в трубку снизило высоту растений на 7,3–19,0 %, устойчивость к полеганию повысилась на 2,0–4,5 балла. Дробное внесение препаратов снизило высоту посевов пшеницы на 19,8–31,1 %, повысив устойчивость относительно контроля на 2–6 баллов. В среднем за годы исследований, когда наблюдалось полегание озимой пшеницы, посевы различных сортов, обработанные регуляторами роста на основе тринексапак-этила, имели устойчивость к полеганию на уровне 7,5–8,5 баллов.

Плотность стеблестоя в период весеннего кущения зависела от сроков сева и уровня перезимовки озимой пшеницы. В среднем, весной пшеница формировала 1096 (от 765 до 1410 шт.) стеблей на метре квадратном, и коэффициент корреляции между этим показателем и урожайностью составил $r = 0,7769$. Корреляционная связь между количеством стеблей в начале фазы «выход в трубку» и урожайностью зерна пшеницы описывается линейным уравнением при высоком коэффициенте детерминации ($R = 0,6035$) (рисунок 4).

Связь количества побегов весной с плотностью продуктивного стеблестоя более слабая ($r = 0,6632$). На сохранение числа колосоносных побегов значительное влияние оказали также погодные условия в период выхода пшеницы в трубку. Установлено: чем выше температура воздуха в мае – июне, тем интенсивнее происходит сброс стеблей кущения у озимой пшеницы ($r = -0,5372$ и $r = -0,5793$). К уборке сохраняется от 27,3 до 52,4 % продуктивных стеблей. Тем не менее показатель «число колосьев на единице площади» занимает лидирующее место в триаде урожайности озимой пшеницы ($r = 0,75577$).

В среднем за годы исследований плотность продуктивного стеблестоя в контроле составила 467 шт./м². Отклонение от средней по годам исследований составило от –22 % до +29 %. Однократное внесение ретардантов на основе тринексапак-этила (70–105 г/га) не оказывает значимого влияния на густоту посева, однако в годы с недостатком осадков к уборке на 1 м² формируется на

16–21 колос меньше, чем в контроле. Причем при двукратном внесении препаратов в половинных нормах расхода меньшая плотность продуктивного стеблестоя формируется в 50 % случаев.

Снижение уровня полегания пшеницы после обработки ретардантами улучшает условия для налива зерна. В результате масса 1000 зёрен во всех вариантах их применения возрастала в среднем на 2,9–3,0 грамма и зависела от степени и срока полегания посевов (таблица 2). В результате сохраненная урожайность в среднем за годы исследований была выше на 4,7–5,0 ц/га.

Сравнивая однократное и двукратное использование препаратов за 2007–2014 гг., большая сохраненная урожайность получена в случае обработки посевов в стадии ВВСН 31–32 – 6,8 ц/га, причем во все годы урожайность была достоверно выше контроля. Двукратное применение регуляторов роста половинными нормами сохранило в среднем 6,2 ц/га, при этом достоверно большая урожайность относительно контроля была получена только три года из семи, а при недостатке осадков в 2011 г. урожайность зерна была ниже контрольного варианта на 4,0 ц/га (таблица 2).

При недостатке почвенной и воздушной влаги (2011 г.) урожайность зерна снизилась на 4,0 ц/га,

т. к. ретардант, внесенный по флаговому листу, ускорил переход пшеницы в фазу созревания зерна, и масса 1000 зёрен достоверно снизилась.

Двукратное применение препаратов на основе тринексапак-этила половинными нормами внесения позволило сохранить в среднем за 2007–2014 гг. 3,5 ц/га, при этом достоверно большая урожайность относительно контроля была получена три года из семи.

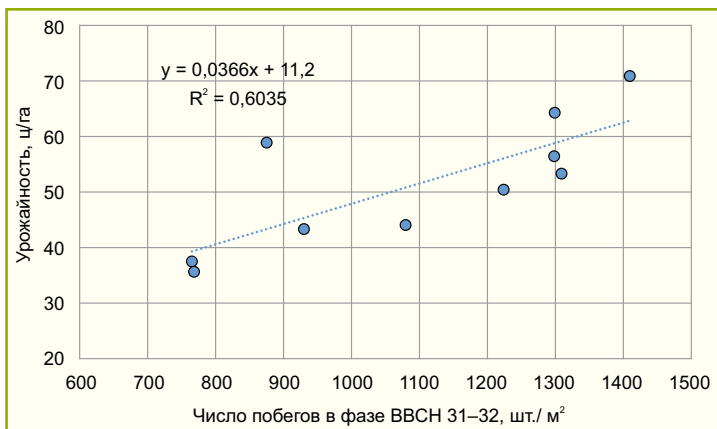


Рисунок 4 – Корреляционная связь урожайности зерна озимой пшеницы с количеством побегов в фазе ВВСН 31–32

Таблица 1 – Влияние ретардантов на основе тринексапак-этила на устойчивость озимой пшеницы к полеганию

Норма расхода, фаза внесения тринексапак-этила	Устойчивость к полеганию, балл													
	благоприятные годы									годы с недостатком осадков				
	2007	2007	2008	2009	2010	2014	2014	среднее	±	2011	2017	2018	среднее	±
Контроль	5,0	4,0	2,5	5,5	4,0	7,0	4,5	4,5		9,0	7,0	9,0	8,5	
70–105 г/га, ВВСН 31–32	8,0	6,0	7,0	9,0	6,5	9,0		7,6	3,0	9,0	9,0	9,0	9,0	1,5
35–50 г/га, ВВСН 31–32 → ВВСН 39–49	9,0	8,0	8,5	9,0	8,0	9,0	8,0	8,5	4,0	9,0			9,0	3,0

Таблица 2 – Влияние ретардантов на основе тринексапак-этила на массу 1000 зёрен и урожайность озимой пшеницы

Норма расхода, фаза внесения тринексапак-этила	Благоприятные годы									Годы с недостатком осадков				
	2007	2007	2008	2009	2010	2014	2014	среднее	±	2011	2017	2018	среднее	±
Масса 1000 зёрен, г														
Контроль	37,1	36,9	38,1	47,8	35,2	38,4	41,5	39,3		30,1	28,1	35,1	31,1	
70–105 г/га, ВВСН 31–32	41,2*	38,4	42,6*	50,2*	40,1*	39,1		41,9	3,0	30,0	30,7*	35,0	31,9	0,8
35–50 г/га, ВВСН 31–32 → ВВСН 39–49	41,6*	38,1	43,1*	49,6*	39,6*	40,1	43,4	42,2	2,9	28,1*			28,1	–2,0
НСР ₀₅	2,1	3,0	3,3	2,8	2,7	2,0	4,0			1,6	2,1	F _ф <F _к		
Урожайность, ц/га														
Контроль	53,1	50,2	56,3	43,2	37,3	70,7	64,1	53,6		58,6	43,9	35,5	46,0	
70–105 г/га, ВВСН 31–32	57,8*	55,9*	65,4*	53,3*	43,3*	76,1*		58,6	6,8	56,2	44,4	38,3	46,3	0,3
35–50 г/га, ВВСН 31–32 → ВВСН 39–49	56,9	52,6	67,1*	50,8*	43,8*	75,1	72,5	59,8	6,2	54,6			54,6	–4,0
НСР ₀₅	4,0	3,7	4,4	3,7	4,1	4,6	4,0			1,6	2,1	F _ф <F _к		

Примечание – *Достоверное отклонение к контролю.

Выводы

Корреляционные связи между числом стеблей в начале выхода в трубку, а также плотностью продуктивного стеблестоя, и устойчивостью к полеганию озимой пшеницы слабые – $r = -0,196$ и $r = -0,195$ соответственно.

Корреляционные связи продуктивного стеблестоя и устойчивости к полеганию с осадками в марте–июне – слабые.

Длина первого и второго междоузлий тесно коррелирует ($r = 0,9072$ и $r = 0,7457$) с нормой внесения регулятора роста Моддус, КЭ.

Обработка посевов озимой пшеницы в фазе ВВСН 31–32 ретардантами на основе тринексапак-этила в норме расхода 70–105 г/га д. в. и двукратное применение их (ВВСН 31–32 → 39–49) по 35–50 г/га д. в. повышает устойчивость к полеганию на 2,0–4,5 балла и 2,0–6,0 баллов при снижении высоты растений на 7,3–19,0 % и 19,8–31,1 % соответственно.

Плотность продуктивного стеблестоя занимает лидирующее место в триаде урожайности озимой пшеницы ($r = 0,75577$). Внесение регуляторов роста не оказывает значимого влияния на густоту посева, а в годы с недостатком осадков наблюдается тенденция к снижению данного показателя.

Внесение ретардантов на основе тринексапак-этила, в случае полегания посевов, повышает массу 1000 зёрен на 2,9–3,0 г.

Однократное внесение ретардантов во все годы исследований, при полегании пшеницы, обеспечивало достоверно большую урожайность в среднем на 6,8 ц/га.

Двукратное внесение препаратов половинными нормами при благоприятных погодных условиях позволяет сохранить в среднем 6,2 ц/га зерна, но при недостатке осадков урожайность зерна в этом случае достоверно ниже контроля за счет меньшей массы 1000 зерен.

Литература

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Ионова, Е. В. Устойчивость к полеганию растений озимой твердой пшеницы / Е. В. Ионова // Аграр. вестник Урала. – 2009. – № 8 (62). – С. 56–57.
3. Привалов, Ф. И. Эффективность применения ретардантов на озимой пшенице / Ф. И. Привалов, И. Г. Бруй, Л. И. Белявская // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 4. – С. 53–56.
4. Тищенко, В. Н. Особенность формирования признака «толщина соломины второго междоузлия» и его значение в технологии селекционного процесса озимой пшеницы / В. Н. Тищенко, О. Н. Динец // Вестник Курганской ГСХА. – 2001. – № 4. – С. 22–28.
5. Berry, P. M. Understanding the genetic control of lodging associated plant characters in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) [Electronic resource] / P. M. Berry, S. T. Berry. – Euphytica. – 2015. – Vol. 205, iss. 3. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-015-1387-2> – Дата доступа: 10.01.2023.
6. Kelbert, A. J. The association of culm anatomy with lodging susceptibility in modern spring wheat genotypes [Electronic resource] / A. J. Kelbert, D. Spaner, K. G. Briggs. – Euphytica. – 2004. – Vol. 136, iss. 2. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1023/b:euph.0000030670.36730.a4> – Дата доступа: 10.01.2023.
7. Pinthus, M. J. Spread of the root system as indicator for evaluating lodging resistance of wheat [Electronic resource] / M. J. Pinthus. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12298-018-0629-x> – Дата доступа: 10.01.2023.
8. Improving lodging resistance: using wheat and rice as classical examples [Electronic resource] / L. Shah [et al.]. – Int. J. of Molecular Sciences. – 2019. – Vol. 20, iss. 17. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31466256/> – Дата доступа: 10.01.2023.
9. Lodging resistance and yield potential of winter wheat: effect of planting density and genotype [Electronic resource] / Y. Xiao [et al.]. – Agricultural Science and Engineering. – 2015. – Vol. 2, iss. 2. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/283754500_Lodging_resistance_and_yield_potential_of_winter_wheat_Effect_of_planting_density_and_genotype – Дата доступа: 10.01.2023.

УДК 633.16«324»:631.811.98:631.547.04

Регуляция роста озимой пшеницы препаратом Мессидор, КС и повышение устойчивости культуры к полеганию

И. Г. Бруй, кандидат с.-х. наук, Ж. Е. Сенько, научный сотрудник
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 08.05.2023)

В статье изложены результаты исследований по изучению эффективности морфорегуляции озимой пшеницы препаратом Мессидор, КС (мепикватхлорид + прогексадион-кальция). Показано его влияние на рост растений, устойчивость к полеганию, формирование элементов продуктивности и урожайность культуры. Внесение регулятора роста Мессидор, КС в фазе ВВСН 31–32 повышает устойчивость к полеганию до 7,5–9,0 баллов и сохраняет в среднем 13,0–14,9 % урожайности зерна, в фазе ВВСН 39–49 – устойчивость до 6,5–9,0 баллов и 3,7–3,9 % урожайности, дробное применение – до 8,5–9,0 баллов и 5,5–14,0 % урожайности.

The paper presents the results of the studies on the efficiency of morpho regulation of winter wheat with the preparation Messor, CS (mepiquatchloride + prohexadione-calcium). Its effect on plant growth, resistance to lodging, formation of productivity elements and crop yield is shown. The application of the growth regulator Messor, CS at the BBCH 31–32 stage increases the resistance to lodging up to 7,5–9,0 points and saves on average 13,0–14,9 % of grain yield. When it is applied at the BBCH 39–49 stage the resistance to lodging increases up to 6,5–9,0 points and yield – by 3,7–3,9 %. With fractional application of the preparation the resistance to lodging rises up to 8,5–9,0 points and yield – by 5,5–14,0 %.