

5. Трофимовская, А.Я. Ячмень: (Эволюция, классификация, селекция) / А.Я. Трофимовская. – Л.: Колос, [Ленингр. отд-ние], 1972. – 296 с.

6. Ячмень яровой / подгот. Е.И. Лобач // Результаты испытания сортов растений озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2013–2015 годы / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2016. – С. 67–90.

PREDICTION SCALE FOR LODGING RESISTANCE OF SPRING BARLEY DEPENDING ON SHOOT NUMBER PER AREA UNIT AT EARLY BOOTING STAGE

I.G. Brui. V.V. Kholodinsky

It was established that the amount of precipitation in May determines the intensity of spring barley tillering ($r=0.520$). There was close correlation ($r=0.862$) between the level of barley lodging during the ripening period and the number of shoots per area unit at the phase of early booting, BBCH 30-31. At sufficiently high values (0.319 and 0.389) of the determination coefficient, the significant correlation between the amount of precipitation in May and June and the level of barley lodging was $r=0.541$ and $r=0.624$, respectively. The nine-point prediction scale of spring barley lodging resistance depending on shoot density at the stage of BBCH 30-31 was developed.

УДК 633.16«321»:631.811.98:631.547.04

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ОСНОВЕ ТРИНЕКСАПАК-ЭТИЛА НА ЯЧМЕНЕ ЯРОВОМ

И.Г. Бруй, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 28.03.2022)

Рецензент: Зубкович А.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье показано влияние различных доз ретардантов на основе тринексапак-этила на устойчивость к полеганию ярового ячменя и их влияние на элементы продуктивности и урожайности культуры. Внесение тринексапак-этила в норме расхода 75 мл/га д.в. повышает устойчивость к полеганию на 3,5–5,5 баллов; 100 мл/га – на 3,5–7,7 баллов, 150 мл/га – на 7,5–9,0 баллов и сохраняет в среднем 4,8–7,4 ц/га зерна, до 8,2–10,7 ц/га в годы с высоким уровнем полегания.

Введение. Биологические особенности ячменя определяют отношение культуры к полеганию. Растения ячменя при достаточном и избыточном увлажнении интенсивно кустятся, склонны к образованию подгона, связь корневой системы с почвой непрочная, и, несмотря на то, что культура ячменя низкорослая в сравнении с другими зерновыми, она имеет недостаточно крепкую соломину. Следует отметить успехи селекционеров по созданию новых, более

низкорослых с прочной соломиной сортов ячменя, устойчивых к полеганию. Однако в интенсивных технологиях, направленных на получение урожая 40 ц/га и более, предусматриваются обязательные приемы защиты от полегания независимо от складывающихся погодных условий текущего вегетационного периода [1, 2, 3]. На плодородных участках, хорошо развитых посевах и высоком уровне запланированного урожая рекомендовано вносить ретарданты. В зависимости от влагообеспеченности местности и температуры необходимо тщательно оценить потребность в обработке и выбрать регулятор роста, оптимальную его норму расхода, чтобы предотвратить полегание посевов, при этом не повлиять негативно на формирование урожайности культуры.

Применение ретардантов в посевах ярового ячменя является эффективным приемом в условиях Беларуси, однако при этом должны учитываться факторы интенсификации технологии возделывания: дозы азотных удобрений, уровень плодородия почв, нормы и сроки внесения препаратов, погодные условия. В годы с дефицитом влаги зачастую ретарданты приводят к достоверному снижению урожайности [4]. Литературные данные показывают неоднозначные результаты эффективности ретардантов на ячмене: требуются уточнения по регламенту их применения, в частности, необходимо максимально точно определить риск возможного полегания и выбрать необходимую норму применения ретардантов.

Задача наших исследований заключалась в определении эффективности применения ретардантов с высокими росторормозящими свойствами на основе действующего вещества тринексапак-этил.

Материалы и методы исследований. Эффективность применения регуляторов роста с действующим веществом тринексапак-этил изучалась в 2009–2010 гг. (препарат Моддус, КЭ) на сортах Гонар и Якуб, в 2011 г. – на сортах Сябра и Магутны, в 2014 г. (препараты Моддус, КЭ, Кальма, КЭ) – на ячмене сорта Магутны, в 2015–2017 гг. (Моддус, КЭ, Костандо, КЭ, Кальма, КЭ) – на ячмене сортов Гонар, Магутны, Фэст, в 2018 г. (Моддус, Костандо, Перфект, КЭ) на сорте Мустанг. Нормы расхода препаратов были рассчитаны с учетом содержания действующего вещества в препарате, и расход тринексапак-этила изучали в трех нормах – 75; 100 и 150 мл/га.

Полевые опыты были заложены методом системных блоков в 4-кратной повторности. Учётная площадь делянки – 25–30 м², норма высева 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га.

Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы определяли в соответствии с общепринятыми методиками. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержанием гумуса от 2,0 до 2,2 %, рН (КС1) 6,0–6,2, подвижного фосфора 136–187 мг/кг, обменного калия 208–346 мг/кг почвы. В связи со схемой чередования культур опыты закладывались ежегодно на новом поле севооборота. Удобрения вносили в дозе N₁₂₀P₆₀K₈₀ (азотные удобрения в предпосевное внесение и в подкормку 30 кг/га)

Защита от сорняков, болезней и вредителей проводилась в соответствии с отраслевым регламентом возделывания культуры.

Развитие растений учитывали по десятичному коду роста и развития растений хлебных злаков (*ВВСН*).

Структуру урожайности определяли по общепринятой методике снопового анализа после ручной уборки всех растений на закрепленных площадках.

Учет полегания посевов ячменя проводился с использованием балльной шкалы, где 0 – отсутствие полегания на делянке, 9 – полное полегание.

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

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

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что в среднем за шесть лет испытаний интенсивное полегание ячменя отмечено при формировании в начале выхода ячменя в трубку в среднем 1204 побегов на метре квадратном, от 995 до 1444 шт./м² по годам исследований.

Использование полученного нами уравнения детерминации ($Y = 0,013x - 9,886$ [см. статью «Шкала прогноза устойчивости ячменя ярового к полеганию в зависимости от числа на единице площади в начале выхода в трубку», стр. 128-136] где Y – уровень полегания, балл, x – число побегов кущения, шт./м²) для расчета уровня устойчивости ярового ячменя к полеганию (уровня полегания) показало, что прогнозируемая устойчивость посева по годам составляла 0-6 баллов, в среднем 3,1 балла. Фактические цифры, полученные в опыте, были близкими к расчетным, и средний уровень устойчивости ячменя к полеганию в контроле составил 2,6 балла, что ниже расчетного на 0,5 балла (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние ретардантов на основе тринексапак-этила на устойчивость ярового ячменя к полеганию (среднее по сортам)

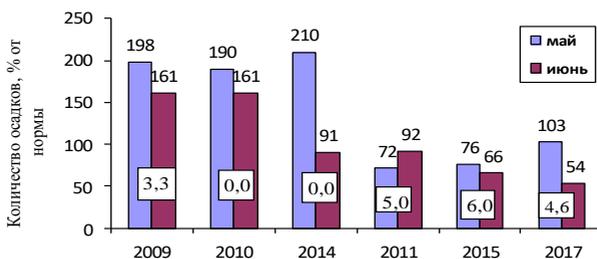
Норма расхода тринексапак-этила	Год						Среднее	Повышенные устойчивости, балл.
	2009	2010	2011	2014	2015	2017		
Число стеблей в фазу ВВСН 31, шт./м ²	1198	1444	1060	1430	995	1096	1204	–
Устойчивость к полеганию расчетная, балл								
Контроль	3,3	0,0	5,0	0,0	6,0	4,6	3,1	
Устойчивость к полеганию в опыте, балл								
Контроль	1,3	0,0	5,3	2,0	5,0	2,0	2,6	0,5*
75 мл/га		5,5	9,0	5,5	8,0	7,0	7,0	3,4
100 мл/га	9,0	7,0	9,0	6,5		5,5	7,6	5,5
150 мл/га	9,0	9,0		7,5		6,5	8,0	6,7

*отклонение фактического значения к расчетному, балл.

Таким образом, в опыте подтверждено, что разработанная шкала прогноза устойчивости посевов к полеганию позволяет достаточно точно определить возможный уровень полегания ярового ячменя и выбрать правильную тактику применения регуляторов роста.

Баллы прогнозируемого уровня устойчивости ячменя по формуле расчета коэффициента детерминации ($Y = 0,013x - 9,886$, где Y – уровень полегания, балл, x – количество осадков в мае), также близки к фактически полученным.

Количество осадков в мае, значительно превышающее норму (190–210 % от нормы) и в июне (161 % от нормы в 2009 г., 2010 г. и близкое к норме в 2014 г. (91 %) (рисунок 1) способствовали высокой оводнённости тканей растений и снижали устойчивость растений к полеганию.



3,3 – прогнозируемый уровень устойчивости к полеганию

Рисунок 1 – Количество осадков в годы проведения исследований и прогнозируемый уровень устойчивости к полеганию

Высокое водообеспечение растений и высокая плотность стеблестоя в эти годы привели к сильному полеганию посевов ячменя, которое оценивалось в 3,7–9,0 баллов, т.е. устойчивость к полеганию оценивалась в 0–5,3 балла (таблица 1).

В результате обработки растений ячменя ретардантами на основе тринексапак-этила в норме расхода 7,5 мл/га д.в. повышалась устойчивость к полеганию на 3,5–5,5 баллов. С повышением нормы внесения до 100 мл/га ретардантный эффект повышался, и повышалась устойчивость к полеганию относительно контроля на 3,5–7,7 баллов. Абсолютную устойчивость посева (9 баллов) обеспечила норма внесения тринексапак-этила 150 мл/га в 2009 г., 2010 г. и 7,5 баллов в 2014 г.

В 2011 г. и 2015 г. при плотности стеблестоя 995–1060 шт./м² и количестве осадков в мае и июне ниже нормы на 8–34 % достаточными нормами расхода тринексапак-этила были 75–100 мл/га, которые обеспечили абсолютную устойчивость ячменя. В 2017 г. прогноз полегания посевов, опирающийся на показатели плотности стеблестоя и водообеспеченности, составил 4,6 баллов.

Фактически в период налива зерна в контроле после шквалистых дождей в июле посева сильно полегли – по оценке на 7,0 баллов, а устойчивость к по-

ганию в вариантах обработки возрастала с увеличением нормы расхода до 5,5–7,0 баллов (таблица).

Наблюдения показали, что, начиная с фазы ВВСН 32–34, ячмень «сбрасывает» значительную часть побегов кущения и к уборке остается 39,7–71,0 % колосоносных побегов в зависимости от года. Ячмень формирует различную плотность продуктивного стеблестоя как по сортам, так и по годам исследований от 421 до 1016 шт./м², в среднем за годы исследований 591 колос на 1 м² (таблица 2). Влияние плотности продуктивного стеблестоя на урожайность ярового ячменя занимает лидирующее место в триаде урожайности. Связь урожайности с плотностью продуктивного стеблестоя описывается при высоком уровне детерминации ($R^2=0,898$) уравнением прямолинейной связи (рисунок 2). Поэтому проведение агротехнических мероприятий, влияющих на формирование данного показателя, неизбежно оказывает влияние и на урожайность культуры.

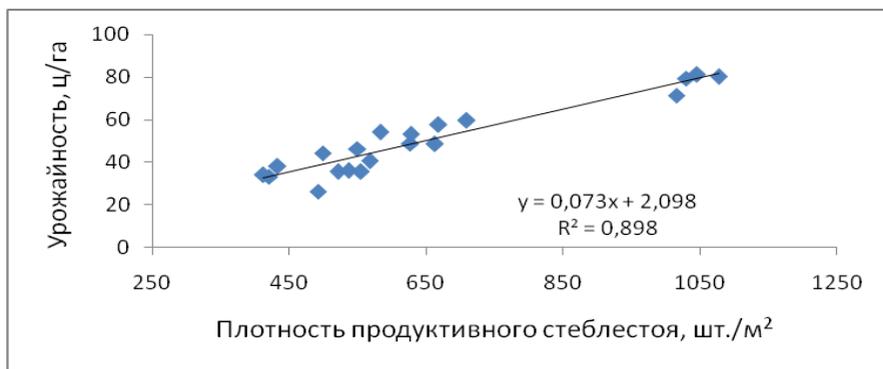


Рисунок 2 – Связь плотности продуктивного стеблестоя с урожайностью ярового ячменя

Известно, что внесение ретардантов в начале выхода растений в трубку, при погодных условиях, благоприятствующих росту и развитию растений, приостанавливает развитие главного побега. При этом неиспользованная при торможении роста часть продуктов фотосинтеза направляется в боковые побеги, происходит их усиленное развитие и выравнивание части из них в росте с главным побегом, благодаря чему в посевах несколько повышается густота продуктивного стеблестоя [4, 5, 6].

В наших опытах также сохранилась достоверно большая густота продуктивного стеблестоя при обработке посевов в начале выхода в трубку, в среднем по опытам на 85 шт./м² у сорта *Гонар*. У сорта *Магутны* была получена максимально высокая плотность стеблестоя – 799 шт./м², что выше контроля на 161 шт./м² (25,2 %).

В среднем за шесть лет испытаний применение тринексапак-этила в норме расхода 75–100 мл/га сохраняло большую плотность продуктивного стеблестоя ячменя к уборке на 4,4 %, в норме расхода 150 мл/га – на 6,9 %. По годам ис-

следований и сортам влияние обработок на данный показатель отличалось от 0,2 до 12,9 % и в среднем составило 7,4 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние ретардантов на основе тринексапак-этила на плотность продуктивного стеблестоя ярового ячменя, шт./м² (среднее по сортам)

Норма расхода тринексапак-этила	Год						Среднее	± к контролю, %
	2009	2010	2011	2014	2015	2017		
Контроль	568	492	421	1016	499	550	591	
75 мл/га		521	433	1030	628*	668*	656	4,4
100 мл/га	627	537*	412	1046		709*	666	4,4
150 мл/га	663*	555*		1078		583*	720	6,9
Сохранилось стеблей к уборке в контроле, %	47,4	34,1	39,7	71,0	50,2	50,2	49,1	
Сохранилось стеблей к уборке в вариантах обработки, в среднем, %	53,8	37,2	39,9	73,5	63,1	59,6	56,5	7,4
НСР ₀₅	61	44	48	83	52	61		

Изменение плотности продуктивного стеблестоя и повышение устойчивости растений к полеганию привело к изменению массы 1000 зерен у сортов ячменя ярового, которая зависела от степени и срока полегания посевов.

Несмотря на то, что в 2009 г. и 2014 г. в контроле уровень устойчивости к полеганию ячменя был очень низким (1,3–2,0 балла), он не оказал значимого влияния на массу 1000 зерен, так как посев полег уже в фазу молочно-восковой спелости культуры, и интенсивность налива зерна не снизилась.

В 2010 г. и 2017 г. посевы полегли раньше (начало налива) и масса зерна в контроле сформировалась меньше в среднем на 4,3–4,6 г, чем в вариантах, где посев был обработан ретардантами и имел более высокую устойчивость к полеганию (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние ретардантов на основе тринексапак-этила на массу 1000 зерен ярового ячменя, г (среднее по сортам)

Норма расхода тринексапак-этила	Год						Среднее	+ к контролю, г
	2009	2010	2011	2014	2015	2017		
Контроль	47	38,1	46,3	49,4	48,3	44	45,5	
75 мл/га		42,3*	46,7	50,6	50,2*	47,5*	47,5	2,2
100 мл/га	47,7	43,5*	46,8	50,2		48,3*	47,3	2,3
150 мл/га	47,8	42,4*		49,6		49,0*	47,2	2,6
Среднее по вариантам обработки, г	47,8	42,7	46,8	50,1	50,2	48,3	47,7	2,2
Отклонение к контролю, г	0,8	4,6	0,5	0,7	1,9	4,3		
НСР ₀₅	0,9	1,1	1,3	0,8	1,2	1,4		

Установлена тесная корреляционная связь ($r=0,761$) между массой 1000 зерен и урожайностью ячменя, которая описывается уравнением полиномы второго порядка при высоком коэффициенте детерминации ($R=0,705$) (рисунок 3).

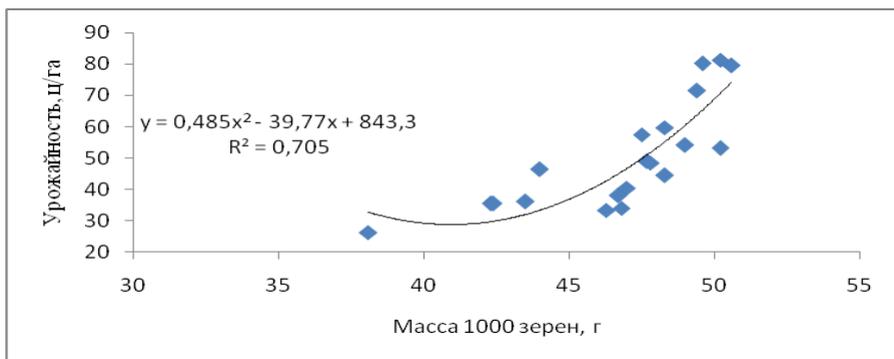


Рисунок 3 – Связь массы 1000 зерен с урожайностью ярового ячменя

В результате влияния морфорегуляторов на устойчивость посева к полеганию сохраняется большее число продуктивных стеблей и формируется большая масса 1000 зерен. Положительное изменение показателей триады урожайности и улучшение условий уборки позволяет сохранить дополнительно в среднем за годы испытания до 9,4 ц/га зерна (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние ретардантов на основе тринексапак-этила на урожайность ярового ячменя, г (среднее по сортам)

Норма расхода тринексапак-этила	Год						Среднее	+ к контролю, г
	2009	2010	2011	2014	2015	2017		
Контроль	40,5	26,3	33,4	71,5	44,4	46,4	43,8	
75 мл/га		35,5*	38,1*	79,5*	53,1*	57,5*	52,7	4,8
100 мл/га	48,9*	36,2*	34,0*	81,3*		59,7*	52,0	4,8
150 мл/га	48,5*	35,5*		80,2*		54,1*	54,6	7,4
Среднее по вариантам обработки, ц/га	48,7	35,7	36,1	80,3	53,1	57,1	53,1	52,0
Отклонение к контролю, ц/га	8,2	9,4	2,7	8,8	8,7	10,7	9,4	
НСР ₀₅	4,2	3,1	2,9	5,4	4,2	6,3		

В годы исследований, когда наблюдалось полегание ячменя от 7,7 до 9,0 баллов, средняя урожайность этой культуры в контроле составила 43,8 ц/га. Наибольшая хозяйственная эффективность применения морфорегуляторов на основе тринексапак-этила получена в годы с высоким уровнем полегания – от 8,2 до 10,7 ц/га. Применение регуляторов роста в норме расхода д.в. 75–150

мл/га сохраняет 4,8–7,4 ц/га зерна. Надо отметить, что максимальная в опыте норма расхода (150 мл/га) тринексапак-этила обеспечивает достоверный рост урожайности, но он ниже (не достоверно) в сравнении с нормой внесения 100 мл/га.

Выводы

1. Формировании в фазу ВВСН 31 побегов кушения от 995 до 1444 шт./м² приводит к высокому риску полегания ячменя ярового (3,7–9,0 баллов).

2. Обработка посевов ячменя ретардантами на основе тринексапак-этила в норме расхода 75 мл/га д.в. повышает устойчивость к полеганию на 3,5–5,5 баллов. Увеличение нормы внесения до 100 мл/га повышает росттормозящий эффект и устойчивость к полеганию относительно контроля на 3,5–7,7 баллов. Наибольшую устойчивость посева обеспечивает норма внесения тринексапак-этила 150 мл/га – 7,5–9,0 баллов.

3. В среднем за шесть лет испытаний применение тринексапак-этила на пяти сортах ячменя в норме расхода 75–100 мл/га на фоне внесения азота в дозе 120 кг/га д.в. сохраняло плотность продуктивного стеблестоя к уборке большую на 4,4 %, в норме расхода 150 мл/га – на 6,9 %.

4. Масса 1000 зерен зависит не только от уровня полегания посева, но и от фазы развития ячменя в период полегания посевов. Чем позже полегает культура, тем меньшее влияние оказывает обработка на массу 1000 зерен.

Внесение ретардантов на основе тринексапак-этила в норме 75–150 мл/га д.в. повышает массу 1000 зерен на 2,2–2,6 г. Корреляционная связь ($r=0,761$) между массой 1000 зерен и урожайностью ячменя описывается уравнением полинома второго порядка, при высоком коэффициенте детерминации ($R=0,705$).

5. Наибольшая хозяйственная эффективность применения морфорегуляторов на основе тринексапак-этила получена в годы с высоким уровнем полегания – 8,2–10,7 ц/га. Применение регуляторов роста в норме расхода 75–150 мл/га д.в. сохраняет в среднем 4,8–7,4 ц/га зерна.

6. Тринексапак-этил в норме расхода 150 мл/га обеспечивает достоверный рост урожайности ячменя в годы с высоким уровнем полегания, но он ниже (не достоверно) в сравнении с нормой внесения 100 мл/га.

Литература

1. Результаты испытания сортов растений озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных на хозяйственную полезность в республике Беларусь за 2013–2015 годы. – Минск. – 2016. – С. 67–90.

2. Трофимовская, А.Я. Ячмень. Эволюция, классификация, селекция / А.Я. Трофимовская. – Москва: Колос. – 1972. – 296 с.

3. Привалов, Д.Ф. Влияние ретардантов на устойчивость к полеганию и урожайность сортов ярового ячменя / И.Г. Бруй, Д.Ф. Привалов, Ж.Е. Сенько // Земледелие и защита растений. – 2018. – №2. – С. 7–12.

4. Бруй, И.Г. Оценка эффективности применения ретарданта моддус, КЭ в посевах ярового ячменя / И.Г. Бруй // Земляробства і ахова раслін. – 2014. – №6. – С. 37–40.

5. Привалов, Д.Ф. Влияние ретардантов на устойчивость к полеганию и урожайность сортов ярового ячменя / И.Г. Бруй, Д.Ф. Привалов, Ж.Е. Сенько // Земледелие и защита растений. – 2018. – №2. – С. 7–12.

6. Bingham, I.J. Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barley, but not root growth and yield response to drought / I.J. Bingham, V.B. McCabe // Annals of applied biology. – 2006. – V 149–3.– P. 291–304.

EFFECTIVENESS OF TRINEXAPAC-ETHYL-BASED GROWTH REGULATORS ON SPRING BARLEY

I.G. Bruji

The influence of different doses of trinexapac-ethyl-based retardants on lodging resistance of spring barley and their effect on productivity elements and crop yield is shown in the paper. The application of trinexapac-ethyl at a rate of 75 ml/ha of active substance increases the resistance to lodging by 3.5-5.5 points; at a rate of 100 ml/ha – by 3.5-7.7 points, and at a rate of 150 ml/ha – by 7.5-9.0 points and save on average 4.8-7.4 dt of seeds per ha, and up to 8.2-10.7 dt of seeds per ha in the years when lodging was high.

УДК 631.811.87:633.16«321»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ОСНОВЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ МЕПИКВАТХЛОРИД + ЭТЕФОН НА ЯЧМЕНЕ ЯРОВОМ

И.Г. Бруй, кандидат с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 29.03.2022)*

Рецензент: Зубкович А.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье показано влияние способов применения ретардантов на основе мепикватхлорид + этефон на устойчивость к полеганию ярового ячменя, их влияние на элементы продуктивности и урожайность культуры. Двукратная обработка посевов ячменя стадиях ВВСН 31+ ВВСН 39 снижает высоту растений на 6,5–19,1%, повышает устойчивость культуры к полеганию на 3,2 балла и урожайность зерна на 3,3–7,2 ц/га. Однократная обработка ячменя в фазу ВВСН 31 повышает устойчивость культуры к полеганию на 2,2 балла, урожайности зерна на 2,1–6,6 ц/га.

Введение. Интенсивные технологии возделывания зерновых культур, рассчитанные на высокий уровень урожайности, соблюдение агротехнических стандартов, чередование культур в севообороте, сбалансированное внесение минерального питания, высокий уровень азота, внесение микроудобрений и средств защиты растений, а также благоприятные погодные условия, особенно по водообеспеченности, определяют высокую плотность продуктивного стеблестоя ярового ячменя – более 800 колосьев на квадратном метре. При такой плотности во время интенсивного роста растений в высоту нижние междоузлия сильно затеняются листовой массой, ухудшается равномерность солнечной ин-