

Заключение

Результаты исследований, проводимых в 2020–2021 гг., свидетельствуют о том, что применение высокоэффективных фунгицидов в технологии возделывания озимой пшеницы, позволяет защитить посевы от болезней и сформировать высокую урожайность зерна в пределах 74,5–80,6 ц/га, пригодного для использования на продовольственные цели.

Литература

1. Возделывание озимых зерновых на семена: отраслевой регламент // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов. – Минск: Беларуская навука, 2012. – С. 250–255.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов / Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Колос, 1985. – 416 с.
3. Кадыров, М.А. Стратегия экономически целесообразной адаптивной интенсификации системы земледелия Беларуси / М.А. Кадыров. – Минск: Хата, 2003. – 164 с.
4. Заима, А.А. Эффективность применения фунгицидов против болезней пшеницы озимой / А.А. Заима // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 44–46.
5. Минаева, Е. Экономические механизмы государственного регулирования зерновой сферы / Е. Минаева // Агробизнес – Россия. – 2008. – №2. – С. 27–29.
6. Интегрированные системы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: (рекомбинации) / С.В. Сорока [и др.]. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2012. – 176 с.

EFFICIENCY OF THE USE OF FUNGICIDES IN INTENSIVE TECHNOLOGIES OF WINTER WHEAT CULTIVATION

V.V. Kholodinsky, Zh.E. Senko, N.V. Sobloevskaya

The article deals with the results of studying the efficiency of the use of modern highly effective fungicides in winter wheat cultivation technology. Due to two year experiments their high efficiency against leaf and ear diseases was established. The studied systems of fungicide application allowed obtaining a high grain yield within 74.5-80.6 dt/ha that was suitable to be used for food.

УДК 633.16«321»:631.547.04:631.524.8:581.14

ШКАЛА ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО К ПОЛЕГАНИЮ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ПОБЕГОВ НА ЕДИНИЦЕ ПЛОЩАДИ В НАЧАЛЕ ВЫХОДА В ТРУБКУ КУЛЬТУРЫ

И.Г. Бруй, В.В. Холодинский, кандидаты с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 29.03.2022)

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

Аннотация. Установлено, что количество садков в мае определяет интенсивность кущения ярового ячменя ($r=0,520$). Существует тесная корреля-

ционная связь ($r=0,862$) между уровнем полегания ячменя в период созревания и числом побегов на единице площади в фазу «начало выхода в трубку, ВВСН 31». При достаточно высоком ($0,319$ и $0,389$) значении коэффициента детерминации достоверная корреляционная связь между суммой осадков в мае и июне с уровнем полегания ячменя составляет $r=0,541$ и $r=0,624$ соответственно. Разработана 9-бальная шкала прогноза устойчивости ячменя ярового к полеганию в зависимости от плотности побегов в фазу ВВСН 30-31.

Введение. Ячмень относится к семейству злаковых культур. Существует три подвида ячменя: многорядные, двурядные и промежуточные [2]. Подавляющее большинство сортов ярового ячменя, районированных в Беларуси, относятся к двурядными, и площади посева под этой культурой в последние три года занимают около 360 тысяч гектаров (2019 г. – 370,6; 2020 г. – 362,3; 2021 г. – 358,5 тыс. га).

Ячмень принадлежит к растениям длинного дня и среди зерновых является наиболее скороспелой культурой. По признаку скороспелости сорта ячменя подразделяются на скороспелые, которые созревают в течение 53–56 дней, среднеспелые, среднепоздние и позднеспелые – 105–111 дней. Однако вегетационный период у ячменя зависит от зоны выращивания и биологических особенностей сорта, поэтому в каждом регионе возделывания может быть своя градация по этому признаку. Ячмень является требовательной культурой к плодородию почвы: наиболее пригодны суглинистые, супесчаные, подстилаемые моренным суглинком. При хорошей заправке удобрениями удовлетворительны легкие супесчаные почвы. В период засухи ячмень более экономно расходует влагу на образование единицы сухого вещества по сравнению с другими хлебными злаками. Но если в период кущения наблюдается недостаток влаги, корневая система развивается плохо и ячмень плохо переносит засуху [5, 6]. Согласно биологическим особенностям зародышевые корни (их может быть несколько в зависимости от крупности зерна) начинают развиваться еще в зародыше зерна, а вторичные – позднее из подземного стеблевого узла. В зависимости от условий выращивания зародышевые корни быстро отмирают или растут до конца вегетации. Обычно в условиях дефицита воды зародышевые корни лучше развиваются и проникают в почву до 1 м, а вторичные корни в таких условиях не развиваются, сдерживая интенсивность кущения культуры. В условиях достаточной водообеспеченности вторичные корни хорошо развиваются, и их количество напрямую положительно коррелируют с числом побегов кущения. В таких условиях вегетативная масса увеличивается от кущения до колошения культуры. И первичные и вторичные корни покрыты многочисленными короткими корневыми волосками, всасывающими воду. Хорошо развитой корневой системой обеспечивается поглощение и проведение воды с растворёнными в ней минеральными веществами к стеблю, листьям и колосу. Итак, одновременно с образованием боковых побегов из узла кущения формируется вторичная корневая система, которая хорошо развивается при наличии почвенной влаги. В сухом верхнем слое вторичные стебли и корни не образуются. Этот

момент необходимо учесть при посеве культуры, выбрав правильную глубину заделки семян с учетом характеристики почв.



а – плохо развивающаяся
корневая система



б – нормально развивающаяся
корневая система

Рисунок 1 – Развитие корневой системы ячменя

Плохо развивающаяся корневая система снижает важную роль корня – закрепление растений в почве. Если ячмень формирует хорошо развитую корневую систему, создается механическая основа для надземной части растений и снижается риск прикорневого полегания посевов.

При оценке устойчивости растений к полеганию важную роль отводят архитектонике, анатомии стебля, габитусу растений. Стебель ячменя – это полая соломина, где чередуются междоузлия и узлы – 5–7 шт. Формы ячменей (карлики, низкорослые, среднерослые, высокорослые) имеют длину стебля от 45 до 160 см в зависимости от сорта и условий возделывания. В засушливой азиатской части мира их высота составляет 15–20 см. Толщина стебля мировой коллекции ячменей колеблется в пределах 1,7–6,5 мм. Л.Н. Ковригина отмечает, что сила связи между длиной стебля и числом генеративных побегов растений выше в благоприятных для кущения условиях независимо от сорта и продуктивность культуры, не зависит от анатомического строения соломины [1].

У большинства сортов стебель имеет 5–8 узлов. Верхнее междоузлие самое длинное и тонкое, что иногда вызывает полегание всего растения. Устойчивые к полеганию сорта в нижней части соломины имеют больший диаметр, широкое склеренхимное кольцо. Провоцирует полегание избыточное азотное питание, обильное увлажнение, недостаток света, при этом большая масса листьев сильно затеняет нижние междоузлия, которые этилируются, становятся тонкими и полегают. Коданев отмечал, что вытянутые и этилированные первые два междоузлия провоцируют полегание растений ячменя. Также ведется селекция на снижение длины верхнего междоузлия. Ученые Германии и Швеции отмечают обратную корреляционную связь между длиной верхнего междоузлия и устойчивостью к полеганию. Диаметр стебля 1,7–6,5 мм, толщина стебля имеет положительную связь с его прочностью и устойчивостью к полеганию. В противоположность высоте диаметр стебля уменьшается по направлению к колосу. Снижение толщины в верхнем междоузлии приводит к ломкости колоса. Американские исследователи указывают, что прочность и устойчивость соломины к

полеганию является признаком, имеющим большое экономическое значение с точки зрения потерь качества зерна и урожайности при уборке посевов. Г.Я. Степанюк установила сорта-доноры (Эльф) широкой склеренхимы, большой площади междоузлия и увеличенной площади проводящих пучков в склеренхите, доноров (сорта Неполегающий, Вгепёа) числа проводящих пучков в склеренхите и во всем междоузлии. Анатомическое строение стебля у изученных сортов и гибридов ячменя однотипно и типично для фестукоидных злаков, но между изученными сортами и гибридами различных комбинаций выявлены количественные различия в строении стебля, которые выражаются в числе слоев и толщине склеренхимы и паренхимы, числе и размерах проводящих пучков, размерах полости и всего междоузлия, однако строение стебля зависит от погодных условий в период его формирования: у большинства гибридов, а также у сортов при недостатке влаги снижается выраженность большинства анатомических признаков [4]. Результаты исследований ВИР показывают, что имеются как существенные различия между сортами по вышеуказанным признакам и связь устойчивостью к полеганию, так и отсутствие такой связи [5].

На прочность соломины влияет множество факторов, среди них нет ни одного в достаточной степени изученного. Ячмень яровой в сравнении с яровой пшеницей имеет менее прочную соломинку и часто полегает еще до выколашивания культуры. Различия в устойчивости к полеганию могут зависеть от диаметра соломины, качества соломы, характера корневой системы, типа кущения, высоты растений, облиственности, способности листьев удерживать дождевую воду, а также длины и положения колоса. Н.А. Ламан с соавторами в своих работах считают, что полегание можно рассматривать только как явление ценотическое, а диапазон фенотипической изменчивости основных морфофизиологических признаков продуктивности и устойчивости к полеганию на фоне конкуренции растений за основные факторы внешней среды при совместном произрастании в посевах. На отдельно произрастающем растении фактор полегания отсутствует. Их исследованиями показано, что, в формировании устойчивого к полеганию ценоза основная роль принадлежит базальной (корнеродной) зоне побега [3].

Несмотря на значительные успехи в селекции на устойчивость к полеганию проблема остается актуальной, поскольку для реализации высокого потенциала урожайности сорта требуется внесение достаточного количества удобрений, особенно азотных. При этом возникает опасность дисбаланса в питании растений, что приводит к их усиленному кущению, вытягиванию побегов, одновременно увеличиваются риски заселения ценоза болезнями. Создаются ценозы, неспособные противостоять полеганию. При этом усугубляется полегание разрушением тканей стебля, снижается интенсивность движения питательных веществ. В перечень причин, повышающих риск полегания посевов зерновых культур, исследователи включают и гидротермические условия в период вегетации. В основном авторы отмечают, что, чем благоприятнее условия, тем выше коэффициент использования удобрений и тем самым выше формируемая урожайность.

Цель работы заключалась в изучении устойчивости посевов ярового ячменя к полеганию в зависимости от плотности продуктивного стеблестоя и гидротермических показателей в период кущение – начало выхода в трубку растений ячменя.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в лаборатории регуляции роста и развития растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

В работе сделан расчет уровня сопряженности изменчивости количества осадков, температуры воздуха в период кущение – начало выхода в трубку ячменя и уровня полегания посевов в 1997–2021 гг. Для решения поставленных задач были проведены полевые опыты с сортами ярового ячменя *Гонар*, *Якуб*, *Водар*, *Сябра*, *Мустанг*, *Рейдер*, *Магутны* и *Фэст*.

Полевые опыты были заложены методом системных блоков в 4-кратной повторности. Учётная площадь делянки – 25–300 м², норма высева 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы определяли в соответствии с общепринятыми методиками. Он характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса от 2,0 до 2,2 %, рН (KCl) 6,0–6,2, подвижного фосфора 136–187 мг/кг и обменного калия 208–346 мг/кг почвы. В связи со схемой чередования культур опыты закладывали ежегодно на новом поле севооборота. Удобрения вносили в дозе N₁₂₀P₆₀K₈₀ (азотные удобрения в предпосевное внесение и в подкормку 30 кг/га).

Оценку уровня полегания ячменя проводили на стадии созревания культуры (ВВСН 77-89). Число побегов кущения на единице площади посева подсчитывали в фазу «начало выхода в трубку» (ВВСН 30-31).

Полевую всхожесть семян, выживаемость и сохраняемость растений ярового ячменя определяли методом учета растений на закрепленных площадках первой и третьей повторностей по 0,48 м².

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

Результаты исследований и обсуждение. Оценка эффективности применения ретардантов в полевых условиях позволила выявить сортовые особенности формирования ценоза ярового ячменя в зависимости от погодных условий, сроков применения и используемого препарата.

Устойчивость культуры к полеганию отличается по годам исследований и зависит от погодных условий и возделываемого сорта. Например, в 2015 г. полегание посевов ячменя в опытах оценивалось как среднее (2,7 балла в среднем по сортам), в 2016 г. полегание отсутствовало, а в 2017 г. наблюдалось сильное полегание (6,6 балла).

Соответственно вели себя и изучаемые сорта. Сорт *Гонар*, который характеризуется как слабоустойчивый к полеганию со средней высотой растений 77,7 см, в 2015 году показал устойчивость 4,5 балла, в 2016 г. при недостатке влаги высокую – 9 баллов, а в условиях высокой влагообеспеченности 2017 г. сильно полег еще в фазу колошения (устойчивость оценивалась в 1,8 балла). В среднем за 3 года устойчивость к полеганию составила 5,1 балла.

Сорт *Магутны* в среднем за 3 года имел оценку 5,7 баллов: в 2015 г. – 5,5; в 2016 г. – 9,0; в 2017 г. – 2,5.

Самый устойчивый к полеганию короткостебельный сорт *Фэст* со средней высотой растений 62,4 см полегал только при высокой оводненности тканей в период созревания (2017 г.). Устойчивость его оценивалась в 3 балла.

Корреляционный анализ – это проверка гипотез о связях между переменными. В работе сделан расчет уровня сопряженности изменчивости количества осадков, температуры воздуха в период кушение – начало выхода в трубку ячменя и уровня полегания посевов за 1997–2021 гг.

Сопряженную изменчивость показателей оценивали по принципу прямой линейной связи, рассчитывая коэффициент корреляции, либо по уравнению полинома второго порядка по принципу криволинейной связи.

Анализ показал, что температура воздуха в период кушение – начало выхода в трубку (май-июнь) не оказывает влияния на уровень полегания ячменя. Однако установлена достоверная корреляционная связь между суммой осадков, как в мае, так и июне с уровнем полегания ячменя ($r = 0,541$ и $r = 0,624$) при достаточно высоком (0,319 и 0,389) значении коэффициента детерминации соответственно (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Характеристика связи уровня полегания ячменя ярового с гидротермическими показателями среды

Гидротермический показатель	Значения x		Коэффициент корреляции r	R^2
	диапазон	норма		
Сумма осадков за май, x	10-141	58	0,541	0,319
Сумма осадков за июнь, x	33-364	84	0,624	0,389
Сумма осадков за май – июнь, x	43-364	142	0,730	0,533
Средняя температура воздуха за май, x	5,5-16,8	11,1	-0,060	
Средняя температура воздуха за июнь, x	12,2-20,8	14,0	0,027	

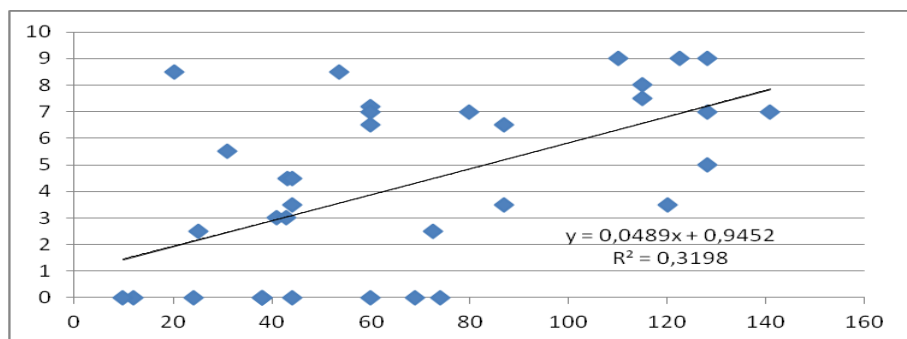


Рисунок 1. – Связь количества осадков в мае месяце с уровнем полегания посевов ячменя

Осадки определяли уровень кушения культуры. Значение коэффициента детерминации связи плотности посева с выпавшими осадками в мае, рассчитанных по принципу прямолинейной связи, невысокое ($R^2 = 0,277$) (рисунок 2) при достаточно тесной прямой корреляционной связи $r=0,526$.

Наиболее тесная корреляционная связь ($r = 0,709$) установлена между плотностью посева и осадками в июне месяце (рисунок 3). Сопряженная изменчивость формирования плотности посева и количеством осадков в июне уравнением полинома второго порядка ($R^2 = 0,588$):

$$Y = -0,024x^2 + 8,496x + 577,2,$$

где Y – число побегов кушения, шт./м²,

x – осадки, мм.

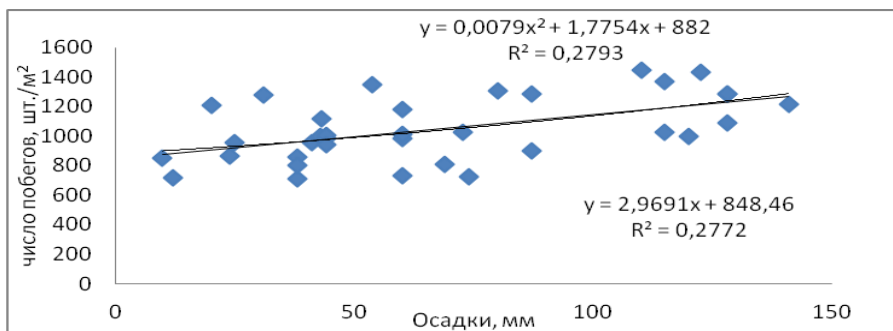


Рисунок 2 – Связь количества осадков в мае месяце с числом побегов кушения ячменя в период выхода в трубку

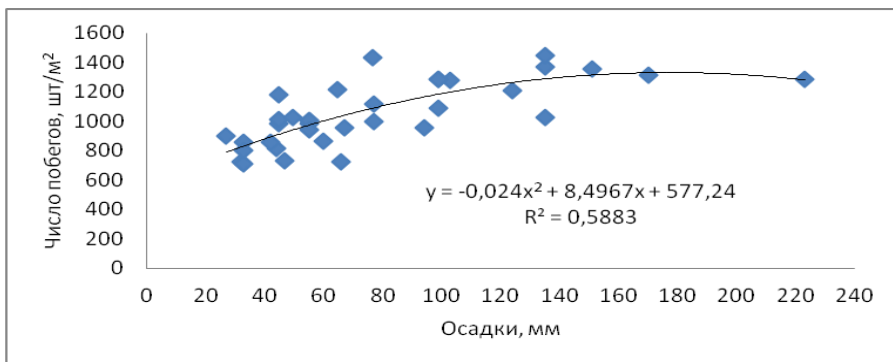


Рисунок 3 – Связь количества осадков в июне месяце с числом побегов кушения ячменя в период выхода в трубку

Данная связь подтверждает необходимость наличия влаги в достаточном количестве для интенсивного развития ячменя. Физиологический оптимум по рассматриваемому фактору, обеспечивающий рост культуры, колеблется в ши-

роких пределах: от 30 до 90 мм в мае и от 40 до 160 мм в июне. В этот период ячмень формирует побеги кущения, которые в будущем определяют плотность продуктивного стеблестоя.

Одним из факторов, снижающих устойчивость культуры к полеганию, является плотность стеблестоя.

Корреляционный анализ результатов за 23 года на различных сортах ячменя в различных условиях вегетации показал наличие тесной корреляционной связи ($r = 0,862$) между числом побегов на единице площади в фазу «начало выхода в трубку, ВВСН 31» и уровнем полегания ячменя в период созревания (рисунок 4).

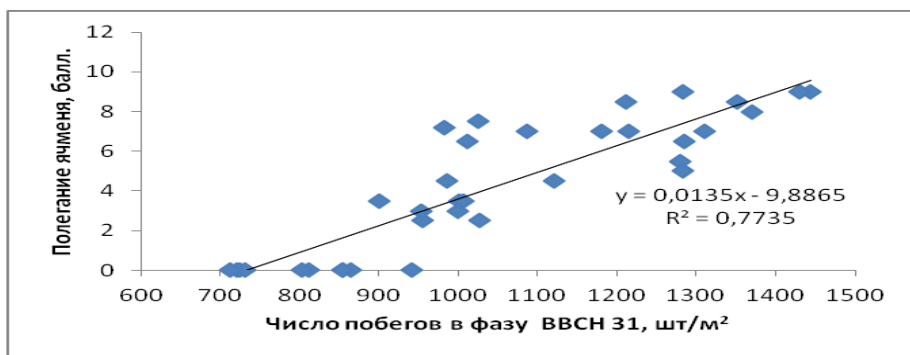


Рисунок 4 – Связь числа побегов на единице площади в фазу ВВСН 31 с уровнем полегания ярового ячменя

Эта связь более полно описывается уравнением, где коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,773$:

$$Y = 0,013x - 9,886, \quad (2)$$

где Y – уровень полегания, балл

x – число побегов кущения, шт./м²

Принято, что если $R^2 = 0,65$ и выше, теснота связи достаточна для того, чтобы установленная зависимость могла быть использована для практических расчетов при планировании.

Таким образом, прогнозируемый уровень полегания посевов ярового ячменя можно определить в период «начало выхода в трубку», проводя подсчет плотности побегов культуры на единице площади посева и составить шкалу прогноза уровня полегания посева.

Можно констатировать, что среди ярового ячменя отсутствуют сорта, которые не реагируют на погодные условия вегетационного периода, поэтому применение ретардантов может быть эффективным на любом сорте при условиях, когда к концу кущения культуры сформировалось более 800 побегов кущения на метре квадратном.

Таблица 2 – Шкала прогноза устойчивости ячменя ярового к полеганию в зависимости от плотности побегов в фазу ВВСН 30-31 (по 9-ти бальной шкале)

Число побегов, шт./м ²	Уровень прогнозируемого полегания, балл	Уровень устойчивости к полеганию, балл
400–850	0–1	8-9 – совсем не полегающие посевы
900–1050	2–3	6-7 – посевы, полегавшие, но выпрямившиеся или полегающие в слабой степени
1100–1200	4–5	4-5 – посевы со средней степенью полегания
1250–1300	6–7	2-3 – сильно полегающие посевы, машинная уборка которых затруднена
1300 и более	8–9	0-1 – сильно полегающий посев задолго до уборки

Выводы

- Осадки определяют интенсивность кущения культуры. Значение коэффициента детерминации связи плотности посева в фазу ВВСН 31-32 с выпавшими осадками в мае составляет $r = 0,520$.
- Достаточное количество осадков в июне сдерживает естественный сброс побегов кущения. Сопряженная изменчивость формирования плотности посева и количества осадков в июне описывается уравнением полинома второго порядка ($R^2=0,588$) при коэффициенте корреляции $r = 0,709$.
- Установлена тесная корреляционная связь ($r=0,862$) между уровнем полегания ячменя в период созревания и числом побегов на единице площади в фазу «начало выхода в трубку, ВВСН 31».
- Установлена достоверная корреляционная связь между суммой осадков в мае и июне с уровнем полегания ячменя ($r = 0,541$ и $r = 0,624$) при достаточно высоком (0,319 и 0,389 соответственно) значении коэффициента детерминации. Температура воздуха в период кущения – начало выхода в трубку ячменя ярового (май-июнь) не оказывает влияния на уровень полегания ячменя.
- Разработана девятибалльная шкала прогноза устойчивости ячменя ярового к полеганию в зависимости от плотности побегов в фазу ВВСН 30-31.

Литература

- Ковригина, Л.Н. Сопряженность элементов продуктивности с признаками структуры стебля у сортов и гибридов ячменя / Л.Н. Ковригина, Г.Я. Степанюк // Вестник КемГУ, 2013. – №1 (53). – С.31–33.
- Каталог генетических ресурсов зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных и кормовых культур 2016–2020 гг. / Ф. И. Привалов [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 548 с.
- Ламан, Н.А. Биологический потенциал ячменя: устойчивость к полеганию и продуктивность / Н.А. Ламан, Н.Н. Стаценко, С.А. Каллер; Акад. наук БССР, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича; ред. Л. В. Хотылева. – Минск: Наука и техника, 1984. – 216 с.
- Степанюк, Г.Я. Изменчивость анатомических признаков стебля ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях лесостепи Кемеровской области: дис. ... канд. биол. наук : 03.02.01 / Г.Я. Степанюк ; ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет». – 2010. – 218 с.

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 урожайность 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 соломинку. Следует отметить успехи селекционеров по созданию новых, более