

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 %.

Введение

При планировании и формировании высокой урожайности озимой пшеницы необходимо обратить внимание на новый инновационный препарат Мессидор, КС (меликватхлорид + прогексадион-кальция) – регулятор биосинтеза и метаболического превращения активных форм гиббереллинов. Установлено, что при обработке растений Мессидором, наряду с ингибированием гиббереллинов, в тканях растений снижается образование этилена, что способствует задержке старения листьев [3]. Это свойство препарата позволяет применять его в конце фазы выхода в трубку, не боясь раннего старения растений и снижения продолжительности периода налива зерна. Благодаря широкому температурному режиму действия препарата и длительному эффекту замедления роста растений, обработку озимых зерновых культур можно начинать с фазы начала трубкования, обеспечив снижение высоты растений за счет уменьшения всех растущих после обработки междоузлий, повышая устойчивость к полеганию.

Цель исследований заключалась в изучении влияния регулятора роста Мессидор, КС, внесенного в разных нормах расхода и в разных фазах развития культуры, на формирование ценоза, устойчивость к полеганию и урожайность озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований

Изучение влияния препарата Мессидор, КС на показатели структуры урожая, урожайность и устойчивость к полеганию пшеницы озимой проводили в 2010 г. на сортах Сюита и Ода, в 2011–2012 гг. и 2019 г. – на сорте Сюита, в 2020 и 2022 г. – на сорте Амелия, возделываемых на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смолевичского района Минской области.

Опыты закладывали согласно методике проведения полевых исследований (Доспехов Б. А.) ежегодно на новом поле севооборота на фоне минерального питания $N_{120-160}P_{40-60}K_{80-120}$, на сорте Амелия – $N_{120-140}P_{40-80}K_{120}$. Защиту от сорняков, болезней и вредителей проводили в соответствии с отраслевым регламентом возделывания культуры. Площадь опытной делянки – 25–60 м², норма высева – 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га.

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

Статистическую обработку данных осуществляли 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

Для оценки регуляторных свойств препарата важно установить сроки наступления и продолжительность действия ретардантного эффекта. С этой целью были проведены изме-

рения длины главного стебля на 3-й, 6-й, 8-й, 14-й и 21-й день после обработки.

Установлено, что обработка посевов озимой пшеницы регулятором роста Мессидор, КС (0,5 л/га) в фазе ВВСН 30–31 (17.05.) тормозила рост соломины вплоть до фазы полного разворачивания флагового листа (07.06.). На третий день после обработки высота точки роста в варианте с применением Мессидора была на 20,7 % ниже, чем в контроле, на 6-й – на 23,1 %, на 21-й день – на 16,3 % (рисунок 1).

На 21-й день после обработки (ВВСН 49) при длине соломины в контроле 21–25 см в варианте с применением Мессидора, КС данный показатель был достоверно меньше на 4,1 см или 16,3 %.

Внесение регулятора роста Мессидор, КС в начале фазы «выход в трубку» (ВВСН 31–32) в норме расхода 1,0 л/га достоверно снижало рост всех междоузлий, в результате длина соломины озимой пшеницы сорта Сюита снизилась, в среднем за 3 года, на 12,3 см или 14,5 %. Значительное снижение высоты посева обеспечило и применение препарата в норме 0,5 л/га. При достоверном уменьшении длины первых трех междоузлий высота растений снизилась на 7,9 см или 9,5 % (таблица 1). Обработка по флаговому листу (ВВСН 49) в норме расхода 0,5–1,0 л/га активно тормозила вытягивание третьего, четвертого и пятого междоузлий, в результате высота растений снизилась, в среднем, на 9,5–13,3 %.

Дробное внесение Мессидора, КС обеспечило интенсивное ростоингибирующее действие на протяжении всего периода роста озимой пшеницы. Так, при внесении препарата в начале фазы трубкования, а затем в период вытягивания последнего междоузлия в нормах расхода 1,0 и 0,5 л/га снижение длины соломины достигало 26,5 % относительно контроля, в нормах 0,75 и 0,75 л/га – 21,5 % (таблица 1).

Длина соломины озимой пшеницы различных сортов (Сюита, Ода, Амелия) в контроле зависела от условий вегетации и колебалась от 75,4 до 94,2 см. При однократном внесении препарата Мессидор, КС в фазах ВВСН 31–32 и ВВСН 39–49 длина соломины, в сред-

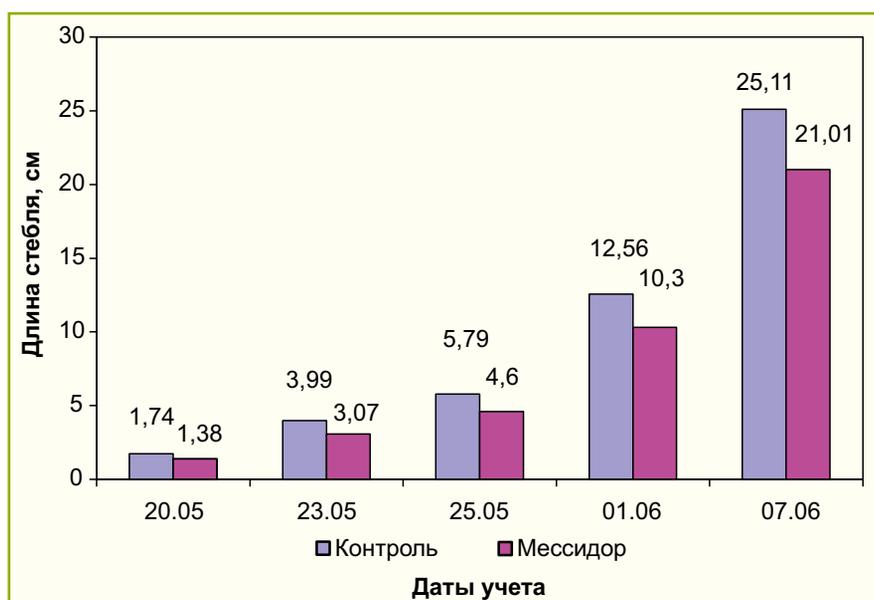


Рисунок 1 – Длина стебля озимой пшеницы сорта Амелия после применения препарата Мессидор, КС

Таблица 1 – Длина соломины и междоузлий озимой пшеницы сорта Сюита в зависимости от фазы и нормы внесения препарата Мессидор, КС (среднее, 2010–2012 гг.)

Норма расхода, фаза внесения	Длина соломины, см	Длина междоузлий, см				
		1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
Контроль	83,4	4,0	10,8	15,7	22,4	30,5
0,5 л/га, ВВСН 31–32	<u>75,5</u> 9,5	<u>3,2</u> 20,0	<u>8,0</u> 25,9	<u>13,4</u> 14,7	<u>21,5</u> 4,0	<u>29,4</u> 3,6
1,0 л/га, ВВСН 31–32	<u>71,2</u> 14,6	<u>2,8</u> 30,0	<u>7,0</u> 35,2	<u>12,7</u> 19,1	<u>20,6</u> 8,0	<u>27,1</u> 11,2
0,5 л/га, ВВСН 39–49	<u>75,5</u> 9,5	<u>3,9</u>	<u>10,7</u>	<u>15,7</u>	<u>18,9</u> 15,6	<u>26,3</u> 13,8
1,0 л/га, ВВСН 39–49	<u>72,3</u> 13,3	<u>4,0</u>	<u>11,0</u>	<u>14,7</u> 6,4	<u>17,6</u> 21,0	<u>24,9</u> 18,1
0,75 л/га, ВВСН 31–32 → 0,75 л/га, ВВСН 39–49	<u>65,5</u> 21,5	<u>2,9</u> 27,5	<u>8,5</u> 21,3	<u>11,4</u> 27,4	<u>18,9</u> 15,6	<u>23,8</u> 22,0
1,0 л/га, ВВСН 31–32 → 0,5 л/га, ВВСН 39–49	<u>61,3</u> 26,5	<u>2,7</u> 32,5	<u>7,8</u> 27,8	<u>11,6</u> 26,1	<u>16,4</u> 26,8	<u>22,8</u> 25,3
НСР ₀₅	0,3–0,4	0,7–1,7	4,5–3,0	4,0–4,2	3,7–6,2	

Примечание – В контроле и в числителе – длина соломины и междоузлий, см; в знаменателе – снижение длины, %.

нем по сортам, была меньше на 9,5–13 % (7,8–10,9 см) и 16,0–28,6 % (13,2–24,2 см) соответственно. Более эффективно снижают высоту посева двукратные обработки с суммарной нормой расхода препарата 1,0–1,5 л/га – в среднем на 27,1–35,9 % (22,7–30,8 см) (рисунок 2).

Наряду со снижением высоты растений, связанным с замедлением растяжения образовательных клеток в длину, усиливается деление клеток в поперечном направлении, изменяя анатомическую структуру соломины. В нашем случае при обработке в фазе ВВСН 31–32 происходило утолщение нижних междоузлий на 15–20 % [1], что обусловило повышение устойчивости к полеганию до 7,5–9,0 балла. При применении препарата в фазе флагового листа (ВВСН 39–49) устойчивость к полеганию повышалась до 6,5–9,0 балла. Практически абсолютную устойчивость к полеганию (8,5–9,0 балла) обеспечили двукратные обработки озимой пшеницы препаратом Мессидор, КС в суммарных нормах расхода 1,0–1,5 л/га (таблица 2).

Установлено, что применение препарата Мессидор, КС повышает сохраняемость продуктивных стеблей озимой пшеницы. В четырех из шести проведенных полевых экспериментов получена достоверно большая (на 7,1–15,7 %) плотность продуктивного стеблестоя при применении ретарданта в нормах 0,5–1,0 л/га в начале фазы выхода в трубку. Очевидно, что улучшение проводящей системы, установленное в опытах [1], и увеличение корневой системы, установленное в исследованиях НГСА (рисунок 3) [2], повышают интенсивность использования элементов питания почвы и устойчивость к стрессам, тем самым позволяют сохранить большее число продуктивных стеблей (в среднем на 38–49 шт./м²).

В вариантах с двукратным внесением препарата Мессидор, КС, в среднем по сортам, плотность стеблестоя за 6 лет была выше контрольных вариантов на 41–53 шт./м². При использовании препарата в фазе ВВСН 39–49 отмечена тенденция сохранения большей плотности продуктивного стеблестоя на 28–32 шт./м².

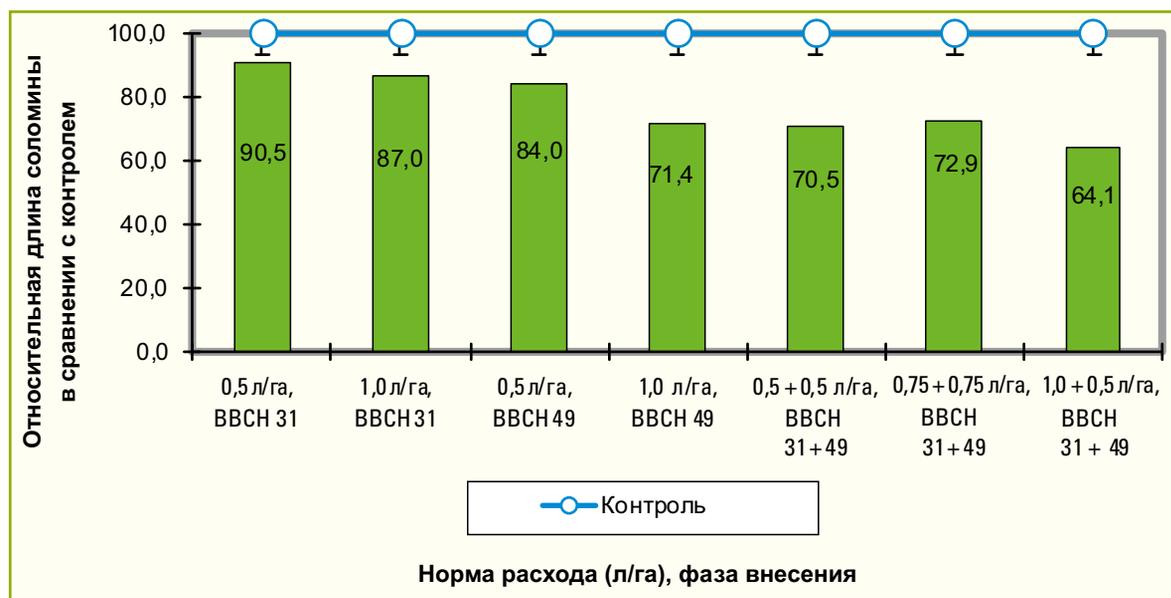


Рисунок 2 – Влияние ретарданта Мессидор, КС на длину соломины озимой пшеницы (среднее по сортам, 2010–2022 гг.)

Таблица 2 – Влияние регулятора роста Мессидор, КС на устойчивость озимой пшеницы к полеганию

Норма расхода, фаза развития пшеницы	Устойчивость к полеганию, балл											
	2010 г.	2010 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2019 г.	2020 г.	2022 г.	среднее		среднее, без 2011 г.	
	сорт								балл	± к контролю	балл	± к контролю
	Сюита	Ода	Сюита	Сюита	Сюита	Сюита	Аме-лия	Аме-лия				
Контроль	5,5	3,5	3,5	9,0	4,5	5,0	6,0	7,0	5,8		5,2	
0,5 л/га, ВВСН 31–32			8,0	9,0	7,5	7,5	9,0		8,2	2,6	8,0	3,3
1,0 л/га, ВВСН 31–32			9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	3,2	9,0	3,8
0,5 л/га, ВВСН 39–49	9,0	6,5				7,5	9,0		8,0	3,0	8,0	3,0
1,0 л/га, ВВСН 39–49	9,0	6,5				7,5			7,7	3,0	7,7	3,0
0,75 л/га, ВВСН 31–32 → 0,75 л/га, ВВСН 37–39		9,0		9,0	9,0		9,0	9,0	9,0	3,0	9,0	3,8
0,5 л/га, ВВСН 31–32 → 0,5 л/га, ВВСН 37–39				9,0		8,5	9,0	9,0	8,9	2,1	8,8	2,8
1,0 л/га, ВВСН 31–32 → 0,5 л/га, ВВСН 37–39		9,0		9,0	9,0	9,0			9,0	3,5	9,0	4,7

Масса 1000 зёрен зависела от года исследований, степени и сроков полегания пшеницы. В 2010 г. полегание пшеницы сорта Сюита было отмечено уже в начале налива зерна, а повышение устойчивости к полеганию с 3,5 до 8,0–9,0 балла способствовало формированию большей массы 1000 зёрен на 3,8–5,0 г, в зависимости от варианта. В этом же году озимая пшеница сорта Ода полегла еще в фазе налива, и повышение устойчивости к полеганию с 3,5 до 6,5–9,0 балла позволило сформировать зерно с большей массой 1000 зёрен на 2,9–5,0 г в зависимости от срока обработки и нормы внесения препарата. В 2012 и 2019 г. пшеница полегла позже, в фазе молочной спелости, и увеличение массы 1000 зёрен было не столь значимым – 0,8–3,0 г.

В целом за годы исследований на различных сортах озимой пшеницы применение регулятора роста Мессидор, КС в начале фазы «выход в трубку» повышало массу 1000 зёрен на 1,5–1,9 г, в конце фазы – на 0,7–1,1 г, при дробном применении – на 0,4–1,1 г.

Увеличение плотности продуктивного стеблестоя в вариантах с обработкой Мессидором, КС, повышение массы 1000 зёрен и снижение потерь при уборке закономерно привело к росту урожайности зерна озимой пшеницы. При использовании препарата в нормах расхода 0,5 и 1,0 л/га в начале фазы «выход в трубку» урожайность увеличилась на 8,3 и 8,1 ц/га (14,9 и 13,0 %). Достоверно сохраненный урожай по годам исследований составлял от 4,4 до

20,3 ц/га (6,1–52,6 %). Максимальная его величина была получена в 2012 г. после шквалистых и продолжительных дождей, прошедших в конце июня, которые «покрутили» пшеницу в контроле и значительно увеличили потери при уборке.

В опытах по изучению эффективности применения изучаемого регулятора роста в фазе ВВСН 39–49 (0,5

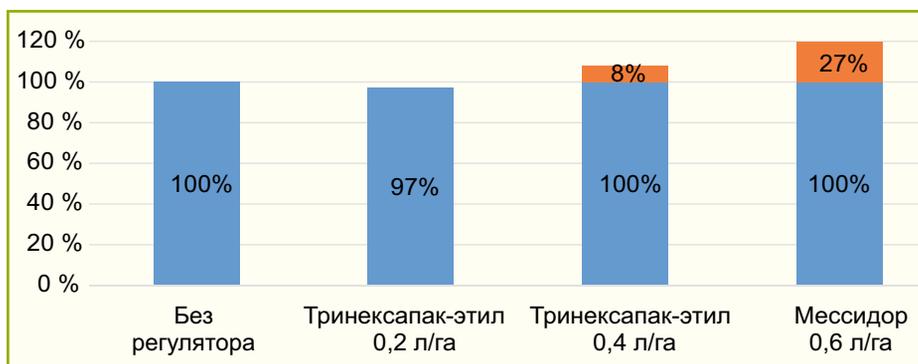


Рисунок 3 – Масса корневой системы озимой пшеницы после внесения регуляторов роста в фазе ВВСН 30–31 [2]

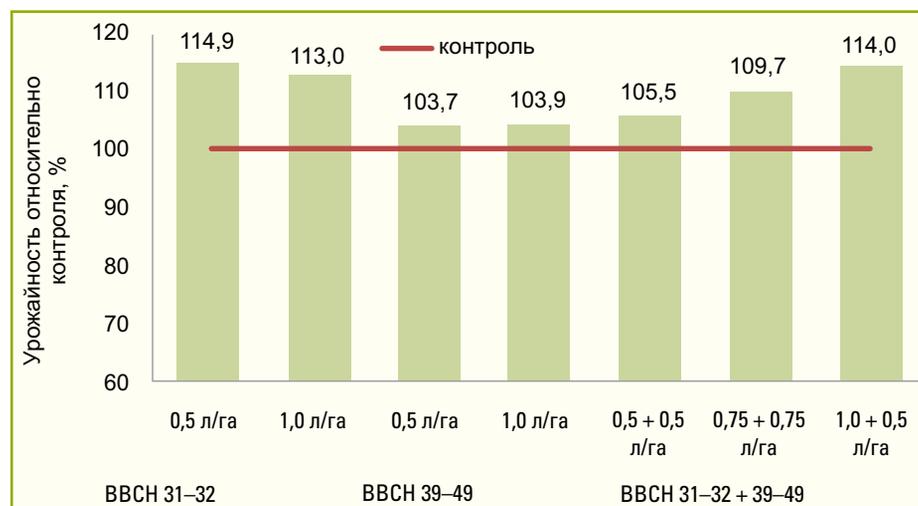


Рисунок 4 – Влияние ретарданта Мессидор, КС на урожайность озимой пшеницы (среднее по сортам, 2010–2022 гг.)

и 1,0 л/га) сохраненный урожай составил в среднем 2,2 ц/га (3,7 и 3,9 %).

При дробном внесении ретарданта Мессидор, КС в суммарной норме расхода 1,5 л/га, в среднем за годы испытаний, было получено на 4,0–7,6 ц/га или 5,5–14,0 % зерна больше, чем в контрольном варианте (рисунк 4).

Выводы

1. Регуляторное действие препарата Мессидор, КС (0,5 л/га), внесенного в фазе ВВСН 30–31 проявляется уже на третий день после обработки и сохраняется вплоть до фазы полного разворачивания флагового листа (ВВСН 39–49), т. е. около двадцати дней.

2. Однократное применение ретарданта Мессидор, КС (0,5–1,0 л/га) в фазе ВВСН 31–32 снижает длину соломины в среднем на 9,5–13 % (7,8–10,9 см), ВВСН 39–49 – на 16,0–28,6 % (13,2–24,2 см), двукратные обработки в суммарных нормах расхода 1,0–1,5 л/га – на 27,1–35,9 % (22,7–30,8 см).

3. Внесение препарата в фазе ВВСН 31–32 повышает устойчивость к полеганию озимой пшеницы до 7,5–9,0 балла (на 2,0–5,5 балла), в фазе ВВСН 39–49 – до 6,5–9,0 балла (на 2,5–3,5 балла), двукратно (ВВСН 31–32 → ВВСН 39–49) до 8,5–9,0 балла (на 2,0–5,5 балла).

4. Обработки посевов регулятором роста Мессидор, КС повышают сохраняемость продуктивных стеблей озимой пшеницы при использовании его в начале фазы выхода в трубку, в среднем, на 38–49 шт./м², в фазе ВВСН 39–49 – на 28–32 шт./м², двукратно – на 41–53 шт./м².

5. Масса 1000 зёрен озимой пшеницы изменялась по годам исследований, в среднем по опыту, от 29,7 до 50,0 г и повышалась в вариантах с применением регулятора роста Мессидор, КС на 0,8–5,0 г в зависимости от сроков применения и нормы расхода препарата, степени и сроков полегания культуры.

6. Применение препарата Мессидор, КС в нормах расхода 0,5 и 1,0 л/га в начале фазы «выход в трубку» сохранило от потерь, в среднем, 8,3 и 8,1 ц/га (14,9 и 13,0 %) урожая озимой пшеницы, по флаговому листу – 2,2 ц/га (3,7 и 3,9 %), дробное внесение в суммарной норме расхода 1,0–1,5 л/га – 4,0–7,6 ц/га или 5,5–14,0 %.

Литература

1. Бруй, И. Г. Мессидор – на озимую пшеницу / И. Г. Бруй // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 5. – С. 53–56.
2. Decision Guide to Canopy Management in Cereals / 150 years BASF. – 36 p. Точка доступа: https://www.agricentre.basf.co.uk/Documents/agricentre_files/cereals_1_files/canopy_management_decision_guide_pdf?1533892604371.
3. Rademacher, W. Growth retardants: effects on gibberelin biosynthesis and other metabolic pathways. // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2000. – V. 51. – P: 501–577.

УДК 633.111«324»:631.559:631.543.2

Варьирование элементов структуры урожая пшеницы мягкой озимой в зависимости от генотипа и условий среды

А. С. Будько, научный сотрудник, Э. П. Урбан, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор с.-х. наук, профессор Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 23.05.2023)

Представлены результаты изучения влияния условий произрастания на изменчивость элементов структуры урожая пшеницы мягкой озимой. Определены генотипы с наиболее выраженными параметрами и высокой устойчивостью их проявления в контрастных условиях произрастания. Установлена степень зависимости элементов структуры урожая от гидротермического режима в исследуемый период роста и развития растений.

The results of studying the influence of growing conditions on the variability of elements of the structure of the harvest of soft winter wheat are presented. Genotypes with the most productive parameters and high stability of their manifestation in contrasting growing conditions were determined. The degree of dependence of the elements of the crop structure on the hydrothermal regime during the studied period of plant growth and development is established.

Введение

Растущие потребности агропромышленного комплекса в зерне пшеницы диктуют задачи по селекции сортов с высокой адаптивностью. В условиях нестабильного климата и аридизации почв такие сорта способны обеспечить высокую продуктивность за счет устойчивости к воздействию неблагоприятных условий произрастания.

Продуктивность растений определяется совокупностью элементов структуры урожая. Структура урожая пшеницы мягкой озимой характеризуется тремя – пятью хозяйственно-биологическими показателями, которые

отражают качественные и количественные изменения фенотипа, наблюдаемые в процессе онтогенеза растений. К элементам структуры урожая колосовых зерновых относят: количество стеблей с озерненным колосом на единицу площади, количество зерен или их массу в одном колосе и массу 1000 зерен. На их развитие оказывают влияние метеорологические условия вегетационного периода, комплекс агротехнических приемов возделывания, особенности генотипа и другие факторы.

Генотип-средовые взаимодействия – сложные процессы, существенно влияющие на реализацию генетического потенциала. Для надежного моделирования поведения