
Научная статья/Research Article

УДК 632.95.024.4

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-74-80

Олеся Владиславовна Злотникова^{1✉}, Елена Владимировна Батанина²

^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹ zlotnik-ecol@list.ru

² Bataninalena@yandex.ru

СОРТОВАЯ РЕАКЦИЯ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ГЕРБИЦИД БАНВЕЛ

Цель исследования – определение уровня чувствительности двух сортов яровой пшеницы разных типов к гербициду Банвел (Сингента, Швейцария), созданного на основе дикамбы, являющейся синтетическим ауксином. В экспериментах использовали растворы гербицида с концентрациями, соответствующими половинной, однократной и двукратной рабочей дозе (0,5РД, 1РД и 2РД соответственно). Оценку чувствительности проводили по показателям темпов линейного роста и развития, а также учитывая уровень митотической активности апикальной меристемы корня. Оценивалась чувствительность сортов Минуса и Землячка Сибири к гербициду. Обнаружена разница в реакции растений разных сортов на гербицид как стресс-фактор. Предположили, что эта разница генетически детерминированная. У сорта Минуса отмечено снижение темпов роста осевых органов на фоне меньшей митотической активности апикальной меристемы и повышенной частоты аномалий деления клеток, связанных с увеличением дозировки гербицида. У сорта Землячка Сибири не было выявлено существенных зависимостей параметров роста и развития от данного фактора. Наиболее чувствительной к действию гербицида оказалась средняя суммарная длина корней проростка – у растений сорта Минуса под действием раствора 2РД она уменьшилась на 43,6 %, тогда как ее изменчивость увеличилась с 24,0 до 42,1 %. У этого же сорта наблюдалась и меньшая связность изучаемых параметров, которая возрастала при действии стресс-фактора.

Ключевые слова: агрохимия, яровая пшеница, сортовые различия, гербицид, экспресс-метод, чувствительность, стресс-фактор, митотическая активность.

Для цитирования: Злотникова О.В., Батанина Е.В. Сортная реакция проростков яровой пшеницы на гербицид Банвел // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8. С. 74–80. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-74-80.

Olesya Vladislavovna Zlotnikova^{1✉}, Elena Vladimirovna Batanina²

^{1,2} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹ zlotnik-ecol@list.ru

² Bataninalena@yandex.ru

SPRING WHEAT PLANTLETS VARIETY REACTION TO BANVEL HERBICIDE

The purpose of the study is to determine the level of sensitivity of two varieties of spring wheat of different types to the herbicide Banvel (Syngenta, Switzerland), created on the basis of dicamba, which is a synthetic auxin. Herbicide solutions with concentrations corresponding to half, single and double working doses (0.5RD, 1RD and 2RD, respectively) were used in the experiments. The sensitivity of Minusa and Zemlyachka Sibiri varieties to the herbicide was evaluated. A difference was found in the reaction of plants of different varieties to the herbicide as a stress factor. It was assumed that this difference is genetically determined. In the Minusa variety, a decrease in the growth rate of axial organs was noted against the

background of a lower mitotic activity of the apical meristem and an increased frequency of cell division anomalies associated with an increase in the dosage of the herbicide. In the variety *Zemlyachka Sibiri*, no significant dependences of growth and development parameters on this factor were revealed. The most sensitive to the action of the herbicide was the average total length of the roots of the seedling - in plants of the *Minusa* variety under the action of the 2RD solution, it decreased by 43.6%, while its variability increased from 24.0 to 42.1%. In the same variety, a lower connectivity of the studied parameters was also observed, which increased under the action of a stress factor.

Keywords: agrochemistry, spring wheat, varietal differences, herbicide, express method, sensitivity, stress factor, mitotic activity.

For citation: Zlotnikova O.V., Batanina E.V. Spring wheat plantlets variety reaction to Banvel herbicide // Bulliten KrasSAU. 2023;(8):74–84. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-74-80.

Введение. В современном сельском хозяйстве остается популярным и достаточно эффективным приемом сохранения урожая культурных растений использование на посевах пестицидов, в том числе гербицидов. В соответствии с механизмами их воздействия на вредные организмы они могут быть небезопасны и для самих культур.

Современные препараты обладают определенным уровнем селективности, однако нельзя полностью исключить негативные последствия для сельскохозяйственных культур. Кроме явных потерь урожая могут наблюдаться еще и скрытые, когда прибавка урожая от устранения сорняков оказывается ниже возможной [1].

При оценке эффективности и безопасности пестицидов, в частности гербицидов, в обязательном порядке определяют, не будет ли данный препарат токсичен по отношению к защищаемой культуре [2].

Устойчивость растения к гербициду обеспечивается разными механизмами: барьерными свойствами покровов, способностью цитоплазмы к детоксикации, биохимической или физиологической невосприимчивостью к действующему веществу, что обусловлено в первую очередь генотипом, в том числе сортовыми свойствами. Имеется ряд работ, в которых показана различная степень устойчивости сортов пшеницы, ячменя, кукурузы и некоторых других культур к негативному воздействию гербицидов [1–5].

Поэтому необходимо учитывать возможность сортовых различий в реакции на конкретный препарат. Так как в каждом регионе районировано и используется в хозяйствах до десятка и более сортов каждой культуры, выявлять эти сортовые особенности по отношению к каждому препарату химической защиты становится технически и экономически сложно.

Таким образом, представляется целесообразным разработку экспресс-методов оценки

чувствительности культур и их сортов с использованием комплекса достаточно легко идентифицируемых признаков. На основании этих методов можно на начальном этапе в лабораторных условиях отобрать потенциально чувствительные сорта для последующей их проверки в полевых условиях [6].

Цель исследования – определение уровня чувствительности (устойчивости) сортов яровой пшеницы к гербициду в лабораторных условиях.

Задачи: изучить индивидуальные сортовые реакции семян исследуемых сортов на различные концентрации препарата в водном растворе по энергии прорастания и всхожести; оценить влияние Банвела на скорость роста и развития растений на самых ранних этапах онтогенеза; выявить цитологические особенности меристемы корешков проростков, проявляющиеся под действием гербицида.

Объекты и методы. В данном исследовании предпринята попытка выявления комплекса признаков чувствительности к гербициду двух сортов яровой пшеницы разных типов на примере гербицида Банвел (Сингента, Швейцария), созданного на основе дикамбы, которая является синтетическим ауксином. Банвел – селективный системный гербицид для применения против однолетних и некоторых многолетних широколистных сорняков на зерновых культурах и кукурузе. Известны случаи, когда данный гербицид при применении в рекомендуемых дозах на посевах зерновых проявлял фитотоксическое действие, которое выражалось в снижении высоты растений и урожайности [4].

В исследовании были использованы семена двух сортов яровой среднеспелой пшеницы Минуса (разновидность эритроспермум) и Землячка Сибири (разновидность лютесценс), образцы которых были предоставлены Красноярским НИИСХ, оригинатором сортов. По хозяйственно полезным признакам между сортами есть как сходства, так и различия. Сорт Минуса средне-

спелый, устойчив к мучнистой росе, слабос-приимчив к бурой ржавчине, не поражается пыльной головней, устойчив к полеганию, урожайность может быть высокой, но сильно зависит от погодных условий. Сорт Землячка Сибири – также среднеспелый, устойчив к полеганию, к поражению пыльной головней, характеризуется высокой засухоустойчивостью.

Для опыта отбирали по одному образцу каждого сорта пшеницы по 100 семян в трех повторностях в каждом варианте опыта. При оценке непосредственного влияния гербицида на тестовые семена сортов в лабораторных условиях использовали его водные растворы в концентрациях, соответствующих половинной рабочей дозе (0,5РД), однократной рабочей дозе (1РД) и двукратной рабочей дозе (2РД). Проращивание семян проводили в рулонной культуре при обычных условиях. Контрольные семена проращивали на отстоянной водопроводной воде.

В соответствии с ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [7] определяли энергию прорастания и всхожесть. Кроме этого, у 30 проростков в каждой повторности для учета роста и развития растений подсчитывали количество корней, измеряли длину побега и определяли суммарную длину корней. Для цитологической оценки использовали по 50 семян каждого сорта отдельно, в чашки Петри добавляли растворы в соответствии с вышеуказанными концентрациями. В качестве контроля также применяли отстоянную водопроводную воду. Проращивание семян проводили в термостате при температуре 22 °С, время экспозиции составило

72 часа. По истечении указанного времени у 30 проросших семян отрезали кончики корешков и фиксировали в уксусном спирте (3:1). Дополнительно по 5 проросших семян в каждом варианте опыта в течение двух часов подвергали обработке 0,01%-м раствором колхицина. Кончики корешков фиксировали аналогично. До анализа фиксированный материал хранили в холодильнике.

Для анализа цитологических особенностей меристемы корешков проростков готовили полупостоянные давленные препараты, окрашенные 2%-м ацетоорсеином и заключенные в глицерин. При анализе учитывали общее количество клеток в зоне деления, количество клеток на разных стадиях деления; количество клеток с аномалиями интерфазного ядра и плазмалеммы, с нарушениями деления (двуядерность, отставание хромосом и т.д.).

Достоверность различий между вариантами опыта оценивали при помощи однофакторного дисперсионного анализа пакета анализа MS Excel по критерию Фишера.

Результаты и их обсуждение. При анализе влияния гербицида на способность к прорастанию семян статистически достоверного эффекта по отношению к энергии прорастания и всхожести семян обоих сортов обнаружено не было, что представляется вполне закономерным в виду особенностей препарата – синтетического ауксина.

Длительное воздействие экспериментальных растворов на проростки испытуемых сортов выявило следующие закономерности их реакции на гербицид (табл. 1.).

Таблица 1

Показатели роста проростков пшеницы сортов Минуса и Землячка Сибири в зависимости от концентрации гербицида Банвел, $X \pm Mx$, (n=90)

Вариант опыта	Минуса			Землячка Сибири		
	Среднее количество корней, шт.	Средняя суммарная длина корней, см	Средняя длина побега, см	Среднее количество корней, шт.	Средняя суммарная длина корней, см	Средняя длина побега, см
0	4,9±0,05	43,4±1,09	11,8±0,36	4,5 ± 0,09	25,6±1,44	8,0 ± 0,19
0,5РД	4,8±0,06	41,1±1,01*	10,8±0,29	4,4 ± 0,08	30,0±1,38	8,5 ± 0,18
1РД	4,7±0,06	39,5±0,45*	10,4±0,23	4,2 ± 0,09	29,0±1,27	8,2 ± 0,21
2РД	4,5±0,07*	24,5±1,09*	9,2±0,37	4,5 ± 0,08	30,1±1,04	8,0 ± 0,23

* – различие с контролем достоверно при $\alpha \leq 0,05$.

При увеличении дозы гербицида у проростков сорта Минуса наблюдается последовательное нарастание негативного эффекта: сначала при половинной рабочей дозе происходит незначительное, но статистически достоверное снижение средней суммарной длины корней и средней длины побега – на 5,3 и 8,5 % соответственно; при концентрации препарата, соответствующей одной рабочей дозе, первый показатель снижается существенно – на 9 %, а при этом второй – уже на 11,9 %. Увеличение дозы гербицида привело к существенному уменьшению интенсивности роста ювенильных растений. Так, на 43 % меньше оказалась суммарная длина корней, на 22 % – длина побега и наименее чувствительным было среднее количество корней у проростков – на 8 %.

Вместе с тем испытуемый гербицид не оказал особого влияния на данный показатель проростков пшеницы сорта Землячка Сибири, толь-

ко на концентрации 1РД произошло уменьшение длины побега по сравнению с контролем, но это различие статистически было недостоверно.

Корреляционный анализ по исследуемым признакам показал, что при концентрации гербицида, соответствующей половинной рабочей дозе, у обоих сортов теснота связи между параметрами возрастает, причем наиболее существенно у растений сорта Минуса из-за изначально низкого уровня их скоррелированности (табл. 2). Увеличение дозы приводило к изменению баланса между признаками у обоих сортов, однако целостность организма у сорта Землячка Сибири нарушалась меньше. Это может быть связано с генетической детерминированностью устойчивости растений к гербициду [6–11]. Устойчивость растений к синтетическому ауксину может быть связана с меньшей транслокацией, повышенным метаболизмом и другими особенностями.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между морфометрическими показателями проростков при воздействии разных доз гербицида Банвел в зависимости от сорта

Вариант опыта, показатель	Количество корней	Суммарная длина корней
1	2	3
Сорт Минуса		
Контроль: суммарная длина корней длина побега	0,45±0,07* 0,17±0,08	0,23±0,10
0,5РД: суммарная длина корней длина побега	0,55±0,07* 0,00	0,08±0,10
1РД: суммарная длина корней длина побега	0,42±0,09* 0,17±0,08	0,16±0,08
2РД: суммарная длина корней длина побега	0,42±0,09* 0,26±0,10	0,61±0,07*
Сорт Землячка Сибири		
Контроль: суммарная длина корней длина побега	0,74±0,05* 0,30±0,10	0,50±0,08*

Окончание табл. 2

1	2	3
0,5РД: суммарная длина корней длина побега	0,83±0,03* 0,63±0,06*	0,64±0,06*
1РД: суммарная длина корней длина побега	0,75±0,05* 0,34±0,09	0,47±0,08*
2РД: суммарная длина корней длина побега	0,74±0,05* 0,45±0,07*	0,49±0,08*

* – связь существенная при уровне значимости $\alpha=0,05$.

Известно, что ауксин при повышенных концентрациях резко угнетает удлинение корней. Связано это в основном с торможением деления клеток, по-видимому, вызванным нарушением соотношения между суммарным ауксином и эндогенным цитокинином.

Угнетение роста корней у проростков сорта Минуса вполне закономерно сопровождалось снижением митотической активности апикальной меристемы корешков. Уже при минимальной и средней концентрациях митотический ин-

декс уменьшался почти на 50 % и при дальнейшем увеличении концентрации Банвела положение усугублялось (рис. 1).

У сорта Землячка Сибири меньшая концентрация гербицида вызывала усиление активации деления клеток апекса в 1,5 раза. При средней концентрации гербицида, соответствующей рабочей дозе, митотический индекс был примерно равен таковому в контроле. Двойная же доза способствовала снижению данного параметра на 40 % по сравнению с контролем.

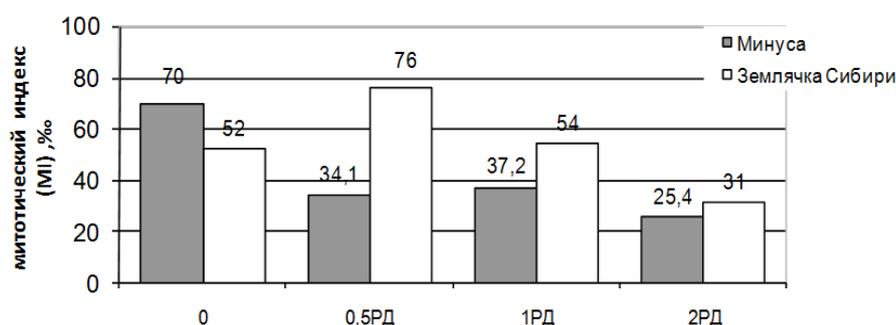


Рис. 1. Митотическая активность меристемы корешков проростков пшеницы сортов Минуса и Землячка Сибири в зависимости от концентрации гербицида Банвел

Анализ частоты аномалий клеток меристемы корешков проростков сорта Минуса показал ли-

нейную прямую зависимость данного показателя от концентрации Банвела (рис. 2).

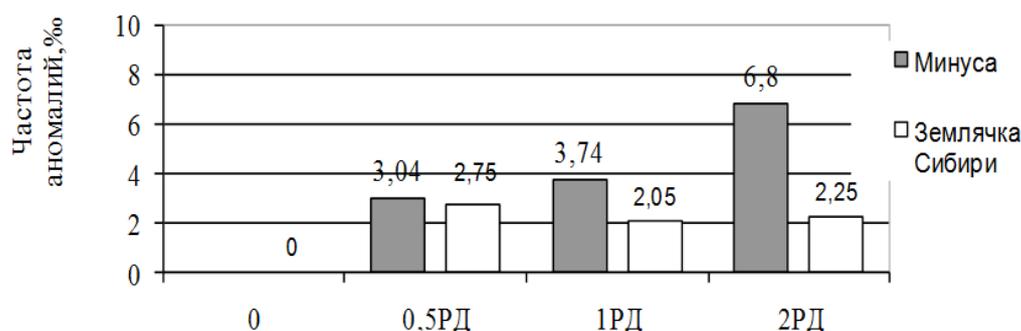


Рис. 2. Зависимость частоты аномалий среди клеток меристемы корешков проростков пшеницы сортов Минуса и Землячка Сибири от концентрации гербицида Банвел

В контрольных образцах аномалий клеток обнаружено не было. В препаратах, приготовленных из обработанных гербицидом корешков при максимальной концентрации, частота аномалий возрастала до 6,8 %. У сорта Землячка Сибири доля аномалий клеток была относительно невысока и практически не зависела от концентрации гербицида.

Характерно, что большинство аномалий было связано с нарушениями мембранного аппарата клеток. Патологии митоза встречались крайне редко, по-видимому, это связано с механизмом действия синтетического ауксина.

Заключение. Обнаружены различия в реакции растений яровой пшеницы разных сортов на гербицид как стресс-фактор, вероятно, они генетически детерминированы. У одного из исследуемых сортов (сорт Минуса) отмечено снижение темпов роста осевых органов на фоне меньшей митотической активности апикальной меристемы и повышенной частоты аномалий деления клеток, связанных с увеличением дозировки гербицида. У другого сорта (сорт Землячка Сибири) не было выявлено существенной зависимости роста и развития от данного фактора.

Наиболее чувствительной среди изученных показателей оказалась средняя суммарная длина корней проростка. В опытных вариантах этот параметр уменьшался почти в два раза при максимальной концентрации гербицида. Интересно, что у более чувствительного сорта в отсутствие стрессора уровень его изменчивости был изначально ниже и возрастал при двойной дозе гербицида.

У этого же сорта наблюдалась и меньшая связность изучаемых параметров, которая, однако, возрастала при действии стресс-фактора.

Выявленные закономерности различий в реакции сортов яровой пшеницы на одни и те же концентрации гербицида требуют дальнейших исследований, представляющихся нам весьма перспективными для создания системы индикаторов диагностики чувствительности сортов культурных растений к применяемым гербицидам. В свою очередь, это поможет разработке систем защиты растений, учитывающих индивидуальные особенности сортов и максимально сокращающих потери урожая от негативного действия пестицидов.

Список источников

1. Султанов Ф.С., Юдин А.А., Габдрахимов О.Б. Влияние гербицидов на продуктивность новых сортов яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 27–33.
2. Зубарев Ю.Н., Кузнецова Е.А. Влияние приема ухода на засоренность посева и урожайность семян сои в Среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 46–51.
3. Zlotnikova O.V., Batanina E.V., Romanova O.V. Differences in the spring wheat varieties response to herbicide as a stressor // AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations / Krasnoyarsk, Russia, 2020. P. 72070.
4. Злотникова О.В. и др. К проблеме экологической оценки последствий применения пестицидов для агроценозов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Болгарии. Красноярск: Сиб. отд-ние Россельхозакадемии, 2011. Ч. 1. С. 265–267.
5. Романова О.В., Злотникова О.В. Влияние средств химической защиты и применения удобрений на урожайность яровой пшеницы // Агротехника в XXI веке: теория и практика применения: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. гос. с.-х. акад., 2017. С. 115–118.
6. Батанина Е.В., Матвеев И.А. Выбор методики для определения влияния способов предпосевной обработки почвы на урожайность зерновых культур с использованием тест-объектов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2018. С. 163–167.
7. ГОСТ 12083-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести // Сб. ГОСТов. М.: Изд-во стандартов, 2004. 47 с.
8. Бакаева Н.П., Коржавина Н.Ю. Биохимические показатели качества зерна озимой пшеницы на фоне применения минеральных и органических удобрений // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 1. С. 13–19.

9. Козлова Е.В., Злотникова О.В. Реакция мужского гаметофита пшеницы на обработку посевов гербицидом Секатор турбо и его смесью с Гепардом экстра// Вестник КрасГАУ. 2012. № 12. С. 95–99.
10. Э.А. Галимова, А.Ф. Аминев, А.Р. Ишбирдин Влияние средств химической защиты растений на варибельность параметров мягкой пшеницы сорта Саратовская 55 в условиях Башкирского Зауралья //Вестник БГАУ. 2019. № 1. С. 7–11.
11. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. 306 с.

References

1. Sultanov F.S., Yudin A.A., Gabdrahimov O.B. Vliyanie gerbicidev na produktivnost' novyh sortov yarovoj pshenicy // Vestnik KrasGAU. 2020. № 8. S. 27–33.
2. Zubarev Yu.N., Kuznecova E.A. Vliyanie priyoma uhoda na zasoryon-nost' posevovi urozhajnost' semyan soi v Srednem Predural'e//Permskij agrarnyj vestnik. 2021. №4 (36). S. 46–51.
3. Zlotnikova O.V., Batanina E.V., Romanova O.V. Differences in the spring wheat varieties response to herbicide asa stressor // AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Bio-technologies. Krasnoyarsk Sci-ence and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations / Krasnoyarsk, Russia, 2020. R. 72070.
4. Zlotnikova O.V. i dr. K probleme ekologicheskoy ocenki posled-stvij primeneniya pesticidov dlya agrocenozov // Agrarnaya nauka – sel'sko-hozyajstvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazahstana i Bolgarii. Krasnoyarsk: Sib. otd-nie Rossel'hozakademii, 2011. CH. 1. S. 265–267.
5. Romanova O.V., Zlotnikova O.V. Vliyanie sredstv himicheskoy zashchity i primeneniya udobrenij na urozhajnost' yarovoj pshenicy // Agro-himikaty v XXI veke: teoriya i praktika primeneniya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Nizhnij Novgorod: Izd-vo Nizhegorod. gos. s.-h. akad., 2017. S. 115–118.
6. Batanina E.V., Matveev I.A. Vybora metodiki dlya opredeleniya vliyaniya sposobov predposevnoj obrabotki pochvy na urozhajnost' zernovyh kul'tur s ispol'zovaniem test-ob"ektov // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Krasnoyarsk, 2018. S. 163–167.
7. GOST 12083-84. Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti // Sb. GOSTov. M.: Izd-vo standartov, 2004. 47 s.
8. Bakaeva N.P., Korzhavina N.Yu. Biohimicheskie pokazateli kache-stva zerna ozimoy pshenicy na fone primeneniya mineral'nyh i organiche-skih udobrenij // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2019. № 1. S.13–19.
9. Kozlova E.V., Zlotnikova O.V. Reakciyamuzhskogo gametofita pshe-nicy na obrabotku posevov gerbicidev Sekator turbo i ego smes'yu s Ge-pardom ekstra// Vestnik KrasGAU. 2012. № 12. S. 95–99.
10. E.A. Galimova, A.F. Aminev, A.R. Ishbirdin.Vliyanie sredstv hi-micheskoy zashchity rastenij na vari-abel'nost' parametrov myagkoj pshenicy sorta Saratovskaya 55 v usloviyah Bashkirskogo Zaural'ya //Vestnik BGAU. 2019. № 1. S. 7–11.
11. Rostova N.S. Korrelyacii: struktura i izmenchivost'. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2002. 306 s.

Статья принята к публикации 10.04.2023 / The article accepted for publication 10.04.2023.

Информация об авторах:

Олеся Владиславовна Злотникова, доцент кафедры экологии и природопользования, кандидат биологических наук, доцент

Елена Владимировна Батанина, доцент кафедры экологии и природопользования, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Olesya Vladislavovna Zlotnikova, Associate Professor at the Department of Ecology and Nature Management, Candidate of Biological Sciences, Docent

Elena Vladimirovna Batanina, Associate Professor at the Department of Ecology and Nature Management, Candidate of Biological Sciences