

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОРОГИ ВРЕДНОСТИ ДВУДОЛЬНЫХ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ ПИВОВАРЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.Л. Тойгильдин, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Н.А. Хайртдинова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
И.А. Тойгильдина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
В.В. Сыромятников, аспирант
Д.Э. Аюпов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет»
e-mail: hairtdinova.natalia@yandex.ru

***Аннотация.** Представлены результаты исследований по определению вредности ассоциации сорных растений в посевах ячменя. На основе рассчитанных линейных математических моделей разработаны экономические пороги вредности и экономические пороги целесообразности применения гербицидов для конкретных природно-климатических условий.*

***Ключевые слова:** засоренность, гербициды, экономические пороги вредности, экономические пороги целесообразности.*

Актуальность. Средневолжский регион – один из крупнейших производителей зерна в России, в том числе фуражного и пивоваренного ячменя. По данным территориальных органов статистики, посевные площади ячменя в Ульяновской области занимают около 18–21 % от площади зерновых культур при средней урожайности зерна не более 1,5–2,6 т/га. Одной из причин недобора урожая является высокая численность сорняков в посевах. Исследованиями установлено, что потери урожая ячменя на одно сорное растение могут составлять 3,2–6,7 кг/га, или 0,59–1,24 %. Необходимо отметить, что по обобщенным данным потери от сорняков в России на разных культурах составляют 15–40 %, а потенциальные потери оцениваются в размере 40 млн т урожая зерна [1, 2, 3].

Экспериментальные данные показывают, что агрофитоценозы формируются как комплексные сообщества культурных и сорных растений. При этом их взаимодействие в течение всего вегетационного периода имеет сложный и непредсказуемый характер, который определяется различными факторами, в частности биологическими особенностями культуры, массой и количеством сорняков, погодными условиями и т.д. [4, 5, 6, 7].

Исследованиями установлено, что ячмень гораздо чувствительнее реагирует на гербициды по сравнению с другими злаками. Химические прополки могут вызывать различные отклонения в росте и развитии культуры, в том числе деформацию колосьев, открытое цветение, пустозерность [2].

В складывающихся современных экономических и экологических условиях ведения сельскохозяйственного производства перед агропроизводством ставится задача не полного уничтожения сорняков, а поддержания засоренности посевов на уровне, не оказывающем влияние на продуктивность растений. Задача усложняется еще и тем обстоятельством, что использование гербицидов должно быть оправдано с точки зрения экономической эффективности их применения, поэтому часто возникает вопрос о целесообразности химической обработки посевов.

Исходя из вышесказанного, цель наших исследований состояла в разработке моделей вредности сорных растений в агрофитоценозах ячменя для прогноза зависимости урожайности культуры от уровня засоренности, что позволит выстроить экологически и экономически обоснованную стратегию борьбы с сорной растительностью.

Методика и условия проведения опытов. Изучение вредности сорных растений при возделывании пивоваренного ячменя проводили в производственных условиях на полях ООО «Агро-Инвест Плюс» Карсунского района Ульяновской области.

Опыты закладывали согласно методическим указаниям по изучению экономических порогов и критических периодов вредности сорняков в посевах сельскохозяйственных культур под редакцией Г.С. Груздева и др. На делянках путем удаления лишней растительности формировалась определенная числен-

Таблица 1. Урожайность ячменя при разной степени засоренности посевов корнеотпрысковыми и малолетними двудольными сорняками, 2021–2022 гг.

| Сорных растений, шт/м ² | Урожайность | | | | | | Снижение урожайности | |
|------------------------------------|-------------|------|---------|------|-------------------|------|----------------------|------|
| | 2021 г. | | 2022 г. | | в среднем за годы | | т/га | % |
| | т/га | % | т/га | % | т/га | % | | |
| 0 | 4,25 | 100 | 7,28 | 100 | 5,77 | 100 | | |
| 30 | 4,04 | 95,0 | 7,06 | 97,0 | 5,55 | 96,2 | 0,22 | 3,8 |
| 60 | 3,56 | 83,8 | 6,34 | 87,1 | 4,95 | 85,8 | 0,82 | 14,2 |
| 90 | 3,19 | 75,1 | 5,79 | 79,5 | 4,49 | 77,8 | 1,28 | 22,2 |
| 120 | 2,88 | 67,8 | 5,29 | 72,7 | 4,09 | 70,9 | 1,68 | 29,1 |
| 134/156 | 2,71 | 63,8 | 4,80 | 65,9 | 3,76 | 65,2 | 2,01 | 34,8 |
| НСР ₀₅ | 2,47 | - | 2,65 | - | | | | |

ность сорных растений, которая поддерживалась на одном и том же уровне в течение всей вегетации культуры. При обработке материала использовали дисперсионный анализ для расчета величины снижения урожая при разной плотности сорного компонента.

Схема опыта включала 6 вариантов: 1. Без сорняков (контроль); 2–5. С численностью сорняков соответственно 30; 60; 90; 120 шт/м²; 6. С естественной засоренностью, которая составила в 2021 г. 134 шт/м², в 2022 г. – 158 шт/м², в среднем за 2021–2022 гг. – 146 шт/м².

Учетная площадь делянки – 1 м², расположение – систематическое со смещением, повторность опыта – 6-кратная. Сорт ячменя – Деспина, норма высева – 4,0 млн всхожих семян, посев производили в первой декаде мая.

Погодные условия в годы проведения исследований значительно различались, что позволило дать объективную оценку влиянию различной степени засоренности на продуктивность ячменя. Наиболее благоприятным для растений был 2022 г. с достаточным количеством осадков при невысоких температурах воздуха. При этом отмечалось максимальное выпадение осадков в фазы «всходы – кушение» и «колошение – налив», что благоприятно повлияло на рост, развитие и урожайность ячменя. Гидротермический коэффициент (ГТК), рассчитанный по методу Селянинова, за период «всходы – кушение» ячменя составил 1,15 ед. (период характеризуется как достаточно влажный). В 2021 г. ГТК за аналогичный период развития культуры составил 0,51 ед. (период характеризуется как сухой).

В опыте изучался сорт ячменя пивоваренного Деспина, одним из недостатков которого является средняя устойчивость к засухе. Поэтому сложившиеся погодные условия также оказали влияние на продуктивность культуры.

Результаты исследований. Изучалась ассоциация сорных растений, которая была представлена малолетними и многолетними сорными растениями, характерными для данного поля. Из малолетних видов в агрофитоценозе ячменя присутствовали: пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), смолевка ночесветная (*Silene noctiflora* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), чистец однолетний (*Stachys ánnua* L.), ярутка полевая (*Thláspi arvense* L.), несля метельчатая (*Neslia paniculata* L.). В посевах также встречались многолетние корнеотпрысковые сорняки: молочай Вальдштейна, лозный (*Euphorbia waldsteinii* (Sojak) Czer.), вьюнок полевой, желтый (*Convolvulus arvensis* L.) и осот полевой, желтый (*Sonchus arvensis* L.). В каждом варианте формировался корнеотпрысково-малолетний тип засоренности, при этом, численность многолетних сорняков по вариантам и повторениям варьировала от 1 до 11 шт/м².

На основе полевых опытов получены экспериментальные данные, которые позволили оценить величину снижения урожайности ячменя от засоренности посевов, которая представляет собой разницу между урожайностью на свободном от сорняков участке и на участке с фиксированным уровнем засоренности.

Наши исследования показали, что урожайность ячменя в среднем за два года в варианте без сорняков составила 5,77 т/га, с колебаниями по годам – от 4,25 в 2021 г. до 7,28 т/га в 2022 г. Увеличение численности сорняков приводило к снижению урожайности ячменя. В частности, в последнем варианте при естественном уровне засоренности 145 шт/м² она снизилась до 3,76 т/га. Таким образом, уменьшение урожайности составило от 0,22 т/га (3,8 %) в варианте с численностью сорняков 30 шт/м² до 2,01 т/га (34,8 %) с засоренностью 145 шт/м² (табл. 1).

Как отмечалось выше, основной целью наших исследований была разработка моделей вредоносности сорных растений в посевах ячменя сорта Деспина. В настоящее время существуют различные подходы к определению вредоносности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур.

Попытки установления математических моделей зависимости урожайности от засоренности посевов не единичны. В частности, выявлено, что для характеристики количественных взаимоотношений между компонентами агрофитоценоза можно использовать уравнения экспоненциальной функции. По мнению ученых, для уравнения экспоненциальной функции характерна более высокая степень сопряженности между изучаемыми показателями по сравнению с прямой линией, что говорит в пользу использования в качестве прогностической модели экспоненты [8].

Более ранними исследованиями ученых Зузы В.С. (1974), Таскаевой А.Г. (1990) установлена необходи-

мость использования показательного уравнения, как более точного по сравнению со степенными и линейными функциями. Из-за того, что отсутствует единое мнение, многие ученые склоняются к использованию линейных функций для упрощения расчетов. В частности, Шпанев А.М. (2011) в своих исследованиях для оценки вредоносности сорных растений в посевах гороха использовал линейные уравнения множественной регрессии [9].

Наши исследования показали, что при изучаемом обилии сорных растений наблюдается достаточно равномерное снижение урожайности ячменя, что позволяет рекомендовать использовать менее сложные линейные уравнения. Таким образом, в своем анализе для определения вредоносности смешанного типа засоренности на урожайность ячменя сорта Деспина мы применили линейные математические модели, которые представлены в таблице 2.

Рассчитанные регрессионные модели показывают, что между урожайностью ячменя и численностью сорных растений существует высокая степень сопряженности (коэффициенты детерминации = 0,886–0,957). При этом следует отметить, что наибольшее влияние на формирование урожайности оказывала численность сорных растений, чем их воздушно-сухая масса (рис.).

Согласно математическим моделям линейной функции, в расчете на одно сорное растение вредоносность ассоциации изучаемого сорного компонента составила от 1,19 кг/га в 2021 г. до 1,67 кг/га в 2022 г. (в среднем 1,44 кг/га), а в расчете на один грамм сорного растения потери соответственно 4,83 и 4,98 кг/га (в среднем за годы исследований –4,93 кг/га).

Адекватность моделей и качество рассчитанных уравнений, характеризующих вредоносность сорных растений, а также для проверки зависимости «сорняки-урожай» в посевах ячменя определили среднюю ошибку аппроксимации. Во всех случаях результаты расчетов показали, что теоретическое и эмпирическое значения находятся в границах соответствующих интервалов при незначительной ошибке.

Полученные математические модели зависимости урожайности ячменя от засоренности дают теоретическую основу для определения экономических порогов вредоносности сорняков (ЭПВ), при которых целесообразно с экономической точ-

Таблица 2. Зависимость урожайности ячменя от количества и массы сорняков корнеотпрысковых и малолетних двудольных сорняков

| Год исследований | Уравнение регрессии | R ² (коэффициент детерминации) | S (ошибка), % |
|--|---------------------------|---|---------------|
| От численности сорняков, шт/м ² | | | |
| 2021 | Y1 = -0,1192x1+43,003 [1] | 0,886 | 0,62 |
| 2022 | Y2 = -0,1667x2+73,641 [2] | 0,943 | 0,00 |
| В среднем за годы | Y3 = -0,1435x3+58,269 [3] | 0,957 | 0,38 |
| От массы сорняков, г/м ² | | | |
| 2021 | Y4 = -0,4832x4+42,494 [4] | 0,749 | 3,68 |
| 2022 | Y5 = -0,498x5 +73,451 [5] | 0,773 | 3,05 |
| В среднем за годы | Y6 = -0,4929x6+57,928 [6] | 0,809 | 2,39 |

ки зрения применение гербицидов в посевах культуры.

Оценивалась экономическая целесообразность применения гербицидов, наиболее часто применяемых при защите посевов ячменя от сорняков:

- Камаро, СЭ (2,4д + флорасулам 300+6,25 г/л) с нормой внесения 0,6 л/га;
- Диален Супер, ВР (2,4д + дикамба 344+120 г/л) – 0,7 л/га;
- Гранд Плюс, ВДГ (трибенурон-метил 750 г/кг) – 0,025 кг/га;
- Статус Макс, ВДГ (тифенсульфурон-метил + трибенурон-метил + флорасулам 500+250+80 г/кг) – 0,05 кг/га.

Величина прибавок урожая, окупающая затраты на применение гербицидов, используемая для расчетов экономических порогов вредоносности сорных растений, определялась делением затрат на применение гербицидов на цену урожая по формуле:

$$Dy = \frac{3п}{Ц},$$

где Dy – дополнительная урожайность, ц/га, 3п – затраты на применение гербицида + стоимость гербицида, руб/га; Ц – цена единицы урожая, руб/ц.

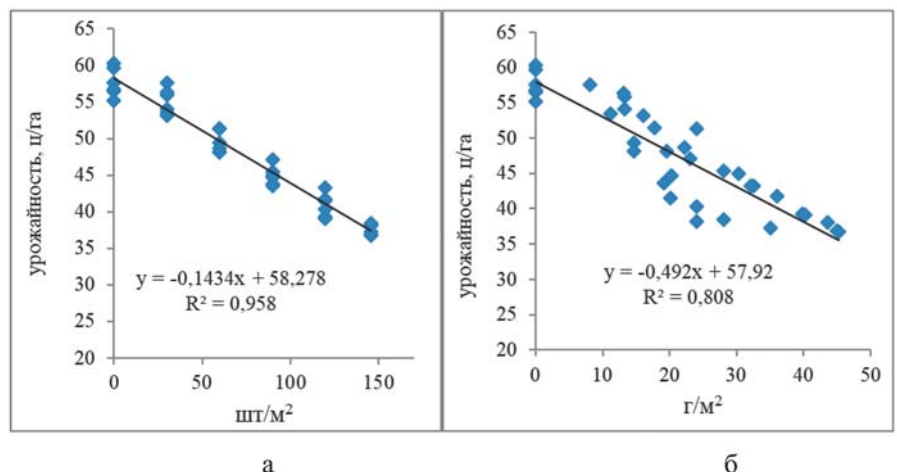


Рисунок. Зависимость урожайности ячменя от численности (а) и от массы (б) двудольных малолетних и корнеотпрысковых сорняков в посевах ячменя

Согласно полученным данным, дополнительная урожайность (Ду) в посевах ячменя в конкретных условиях хозяйства при применении гербицида Камаро, СЭ может составить 17,3 ц/га, Диален Супер – 18,8 ц/га, Гранд Плюс, ВДГ – 12,2 ц/га и Статус Макс, ВДГ – 17,1 ц/га.

В конкретном случае дополнительная урожайность варьировала для разных гербицидов, что связано с затратами на проведение химической защиты посевов ячменя от сорняков, в частности, согласно рассчитанным технологическим картам, затраты изменялись от 1709 руб/га при использовании гербицида Гранд Плюс, ВДГ до 2424 руб/га при использовании гербицида Камаро, СЭ.

Рассчитанные на основе дополнительной урожайности и вредоносности экономические пороги вредоносности (ЭПВ) различались по годам исследований, что было обусловлено непостоянством цен на гербициды, условиями вегетационного периода, ценами на продукцию растениеводства (табл. 3).

Исходя из приведенных в таблице 2 данных и показателей дополнительной урожайности, были рассчитаны экономические пороги вредоносности фитоценотической популяции, характерной для агроформации ячменя по следующей формуле:

$$\text{ЭПВ} = \frac{\text{Ду}}{\text{В}}$$

где Ду – дополнительная урожайность, ц/га; В – вредоносность фитоценотической популяции, шт/м².

Результаты расчетов представлены в таблице 3. В среднем за годы исследований для корнеотпрысково-малолетнего типа засоренности ячменя экономический порог вредоносности для использования гербицида Диален Супер составил 14 шт/м², Гранд Плюс – 9 шт/м², Камаро и Статус Макс – 12 шт/м², при сочетании гербицидов существенных изменений не отмечалось.

В современных экономических условиях для обоснования защитных мероприятий более актуально использовать экономический порог целесообразности (ЭПЦ), при котором применение гербицидов обеспе-

чивает получение запланированных чистого дохода и нормы рентабельности, что определяет прикладное значение результатов для сельхозтоваропроизводителей [10].

Соотношение между экономическим порогом вредоносности и порогом целесообразности применения гербицидов сорняков рассчитывалось по формуле:

$$\text{Хэц} = \frac{\text{Хэп} \cdot \text{К}_1 \cdot \text{К}_2}{\text{К}_3}$$

где К₁ – затраты на уборку дополнительного урожая, после применения гербицидов, руб/ц; К₂ – коэффициент, отражающий планируемую рентабельность от применения гербицидов, % (70 %); К₃ – коэффициент, характеризующий биологическую эффективность гербицидов, % (80 %).

Показатель ЭПЦ по отношению к показателю ЭПВ возрос на 1–3 шт/м² корнеотпрысковых и малолетних двудольных сорных растений.

Выводы:

1. Модельные опыты с сорными растениями показывают, что количество и масса сорняков оказывает существенное отрицательное влияние на формирование урожая пивоваренного ячменя, выявлена обратная сильная связь между его урожайностью и засоренностью посевов. При корнеотпрысково-малолетнем типе засоренности каждое сорное растение снижает продуктивность культурных растений на 1,38 кг/га зерна, а каждый грамм воздушно-сухой массы сорного растения – на 4,93 кг/га зерна.

2. Экономические пороги вредоносности сорных растений при корнеотпрысково-малолетнем типе засоренности посевов составил 9–14 шт/м², а экономический порог целесообразности – 10–16 шт/м² в зависимости от применяемых гербицидов.

Список использованной литературы

1. Спиридонов, Ю.Я. Влияние различных мер борьбы с сорняками в севообороте на засоренность заключительного поля / Ю.Я. Спиридонов, Н.И. Будинков, И.В. Дудкин, Н.И. Стрижков, Н.Б. Сумина // Агрохимия. - 2020. - № 12. - С. 38-44.

2. Баранов, А.И. Влияние гербицидов на засоренность и урожайность ярового ячменя / А.И. Баранов, А.В. Гринько // Известия Оренбургского ГАУ. - 2014. № 6 (50). - С. 35-37.

3. Спиридонов, Ю.Я. Практика создания и эффективного применения комбинированных отечественных гербицидов в борьбе с сорняками в посевах зерновых колосовых культур / Ю.Я. Спиридонов, В.Г. Шестаков // Агрохимия. - 2013. - № 1. - С. 35-49.

4. Nikolaichenko, N.V. Productivity of nontraditional medicinal and forage crops in the conditions of dry steppe of the Volga region / N.V. Nikolaichenko // Inter. J. Adv. Biotechnol. Res. - 2019. - Т. 10. - № 2. - С. 384-391.

5. Nikolaichenko, N.V. Influence of the seeding

Таблица 3. Экономические пороги вредоносности (ЭПВ) сорняков и экономические пороги целесообразности (ЭПЦ) применения гербицидов при корнеотпрысково-малолетнем типе засоренности ячменя, шт/м²

| Гербициды | 2021 г. | | 2022 г. | | В среднем | |
|---------------------------|---------|-----|---------|-----|-----------|-----|
| | ЭПВ | ЭПЦ | ЭПВ | ЭПЦ | ЭПВ | ЭПЦ |
| Камаро, СЭ | 15 | 17 | 10 | 12 | 12 | 14 |
| Диален Супер, ВР | 16 | 19 | 11 | 13 | 14 | 16 |
| Гранд Плюс, ВДГ | 10 | 11 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Статус Макс, ВДГ | 14 | 16 | 10 | 12 | 12 | 14 |
| Камаро + Гранд Плюс | 13 | 15 | 9 | 11 | 11 | 13 |
| Диален Супер + Гранд Плюс | 15 | 17 | 10 | 12 | 12 | 14 |

rate, sowing methods and disease and pest control measures on the yield and quality of seeds for different varieties of milk thistle / N.V. Nikolaichenko, I.D. Eskov, M.V. Muraveva, N.I. Strizhkov, Z.M. Azizov // J. Pharmaceut. Sci. Res. - 2017. - Т. 9. - № 11. - С. 2263-2268.

6. Strizhkov, N.I. The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of nicandraphysalodes biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga region / N.I. Strizhkov, Z.M. Azizov, N.B. Suminova, I.D. Eskov, N.V. Nikolaichenko, A.V. Molchanova // J. Pharmaceut. Sci. Res. - 2018. - Т. 10. - № 4. - С. 323-329.

7. Кагирова, М.К. Эффективность применения гербицидов в посевах ячменя в зависимости от видо-вого состава сорных растений / М.К. Кагирова, Н.И. Дубачинская // Известия Оренбургского ГАУ. - 2015. - № 6. - С. 17-20.

8. Туликов, А.М. Вредоносность сорных растений в посевах полевых культур / А.М. Туликов // Известия ТСХА. - 2002. - Вып. 1. - С. 92-107.

9. Шпанев, А.М. Подходы к оценке вредоносности сорных растений в агроценозах / А.М. Шпанев //

Вестник защиты растений. - 2011. - № 4. - С. 57-70.

10. Струкова, Р.А. Экономически обоснованное применение гербицидов / Р.А. Струкова, Т.Г. Алиев, М.Н. Мишина // Наука и образование. - 2022. - Т. 5 - № 2. - режим доступа file:///D:/Downloads/ekonomicheskii-obosnovannoe-primenenie-gerbitsidov%20(2).pdf (дата обращения 7 марта 2023).

Economic thresholds of harmfulness of dicotyledonous weeds in the cultivation of malting barley in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region

A.L. Toigildin, N.A. Khairtdinova, V.V. Syromyatnikov, D.E. Ayupov

Summary. The results of studies to determine the harmfulness of the association of weeds in barley crops are presented. Based on the calculated linear mathematical models, economic thresholds of harmfulness and economic thresholds of expediency of herbicides for specific climatic conditions have been developed.

Key words: contamination, herbicides, economic thresholds of harmfulness, economic thresholds of expediency.

ИНФОРМАЦИЯ

«Август» оборудовал лабораторию для занятий по защите растений в БашГАУ

В Башкирском государственном аграрном университете (БашГАУ) открыли новую лабораторию для занятий по защите растений. В ней будут обучаться студенты факультета агротехнологий и лесного хозяйства. Компания «Август», ведущий отечественный производитель пестицидов, профинансировала ремонт помещения, закупку лабораторных стеллажей, учебной мебели, телевизора и системы видео-конференц-связи, а также стационарного компьютера. Университет в качестве софинансирования проекта предоставил планшеты, на которые было установлено приложение «Август». Оно используется агрономами по всей России и содержит атлас вредных объектов, информацию о препаратах и системах защиты различных сельхозкультур, полезные калькуляторы для тех или иных агротехнических мероприятий.

«Хочется выразить благодарность нашим партнерам за то, что выделили средства для создания лаборатории, которая позволит улучшить качество подготовки специалистов. Студенты будут обучаться с использованием современных технологий», — отметил проректор по учебной работе и цифровизации БашГАУ Наиль Юнусбаев.

Для занятий на базе лаборатории факультетом агротехнологий и лесного хозяйства совместно с Центром компетенций БашГАУ были разработаны образовательные модули по защите растений. В лаборатории будут учиться студенты таких направлений подготовки, как «Агрономия», «Агрохимия и агропочвоведение», «Лесное дело», «Ландшафтная архитектура». Помещение оснащено всем необходимым для студенческих научно-исследовательских проектов, а также техникой для видео-конференц-связи, дающей возможность проводить дистанционные консультации.

«Сегодня в регионе самая дефицитная профессия — агроном, — указала заместитель министра сельского хозяйства Республики Башкортостан Ляля Давлетбаева. — С учетом того, что наши аграрии переходят на высокотехнологическое производство, современные методы обработки и техника требуют новых знаний. Такие лаборатории позволяют студентам выйти из вуза с теми компетенциями, которые нужны работодателю».

Специалисты «Августа» в новом учебном помещении прочитают для студентов БашГАУ лекции о цифровизации в сельском хозяйстве.

«Мы содействуем тому, чтобы из аграрных университетов выпускались грамотные агрономы, в которых заинтересована в том числе и наша компания, — говорит представитель АО Фирма «Август», ведущий менеджер группы по Западно-Сибирскому региону Ринат Хазиев. — Мы создаем подобные аудитории и лаборатории во многих российских аграрных вузах и в каждой из них проводим обучение, лекции, практические занятия, делимся нашими знаниями и технологиями со студентами. Надеемся, что наибольшая часть выпускников будет возвращаться в село и работать на земле».

Также между БашГАУ и АО Фирма «Август» было подписано соглашение о

сотрудничестве. В качестве основных его направлений определены проведение совместных научных исследований, прохождения студентами и преподавателями практики и стажировок в подразделениях «Августа».

Пресс-служба
АО Фирма «Август»
тел.: +7 (495) 787-08-17
e-mail: pr@avgust.com