

УДК 631.51.021:631.558.3

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>

Оригинальное исследование/Original research

Якупов Е.Н.,
Савельев А.С.,
Круглов А.В.,
Бочкарев Д.В.,
Никольский А.Н.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», ул. Большевикская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, 430005
E-mail: kafedra_paz@agro.mrsu.ru, alnik1986@gmail.com

Ключевые слова: ячмень, основная обработка почвы, фунгициды, структура урожая, урожайность

Для цитирования: Якупов Е.Н., Савельев А.С., Круглов А.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н. Влияние приемов основной обработки почвы и фунгицидов на урожайность ярового ячменя. *Аграрная наука*. 2022; 355 (1): 84–87.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>**Конфликт интересов отсутствует**

Evgeniy N. Yakupov,
Andrey S. Savelev,
Alexander V. Kruglov,
Dmitry V. Bochkarev,
Alexander N. Nikolsky

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Ogarev Mordovia State University", Bolshevistskaya st., 68, Saransk, 430005, Republic of Mordovia, Russia
E-mail: kafedra_paz@agro.mrsu.ru, alnik1986@gmail.com

Key words: barley, primary tillage, fungicides, crop structure, yield

For citation: Yakupov E.N., Savelev A.S., Kruglov A.V., Bochkarev D.V., Nikolsky A.N. Influence of methods of primary tillage and fungicides on the yield of spring barley. *Agrarian Science*. 2022; 355 (1): 84–87. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>**There is no conflict of interests**

Влияние приемов основной обработки почвы и фунгицидов на урожайность ярового ячменя

РЕЗЮМЕ

Целью работы явилось изучение влияния различных способов основной обработки почвы и фунгицидов на показатели структуры урожая и продуктивность ячменя ярового. Исследования проводили в 2018–2020 гг. на черноземе оподзоленном в лесостепной зоне европейской части России на территории Республики Мордовия. Установлено, что погодные условия существенно влияют на формирование продуктивного стеблестоя культуры. В годы с засушливым периодом вегетации количество колосьев на единицу площади существенно снижается. Применение вспашки достоверно увеличивало количество продуктивных стеблей и количество зерен в колосе по сравнению с дискованием и прямым посевом. Фунгициды в большей степени оказывали влияние на увеличение массы 1000 семян. Анализ биологической урожайности ячменя показал, что вспашка увеличивала продуктивность культуры по сравнению с прямым посевом и дискованием на 0,40–0,45 т/га. Применение фунгицидов достоверно увеличило урожайность зерна ярового ячменя. При этом наибольший сбор зерна за 3 года исследования в среднем по фактору наблюдали при двукратном применении препаратов Спирит и Колосаль Про. Прибавка урожайности зерна в этих вариантах относительно контроля составляла 0,58–0,61 т/га. Наибольшая продуктивность культуры в опыте получена на варианте двукратного применения фунгицида Колосаль Про по фону вспашки.

Influence of methods of primary tillage and fungicides on the yield of spring barley

ABSTRACT

The aim of the work was to study the influence of various methods of primary tillage and fungicides on the indicators of the structure of the crop and the productivity of spring barley. The studies were carried out in 2018–2020 on podzolized chernozem in the forest-steppe zone of the European part of Russia on the territory of the Republic of Mordovia. It was found that weather conditions significantly affect the formation of a productive crop stalk. In years with a dry growing season, the number of ears per unit area is significantly reduced. The use of plowing significantly increased the number of productive stems and the number of grains per ear compared to disc forging and direct sowing. Fungicides had a greater effect on the increase in the mass of 1,000 seeds. Analysis of the biological yield of barley showed that plowing increased the productivity of the crop in comparison with direct sowing and disc forging by 0.40–0.45 t/ha. The use of fungicides significantly increased the grain yield of spring barley. At the same time, the largest grain harvest for 3 years of the study, on average by factor, was observed with the double use of the preparations Spirit and Kolosal Pro. The increase in grain yield in these variants relative to the control was 0.58–0.61 t/ha. The highest productivity of the culture in the experiment was obtained on the option of two-fold application of the fungicide Kolosal Pro on the background of plowing.

Поступила: 3 августа
Принята к публикации: 12 января

Received: 3 August
Accepted: 12 January

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) — четвертая по валовому сбору зерновая культура после пшеницы, риса и кукурузы, возделываемая во всем мире [1]. Минимализация обработки почвы при возделывании ячменя существенно снижает себестоимость продукции. В то же время влияние приемов обработки почвы способствует изменению фитосанитарной обстановки на полях, в том числе приводит к изменению качественного и количественного состава грибных патогенов [2]. Применение фунгицидов — важный способ увеличения урожайности ячменя [3–4]. Однако результаты, полученные от различных действующих веществ, доз и кратности применения, зависят от погоды, типа почвы и условий хозяйствования. Поэтому изучение влияния различных приемов обработки почвы в совокупности с химическими защитными мероприятиями на урожайность сельскохозяйственных культур является актуальной задачей научного земледелия.

Условия, материалы и методы

Опыты по определению эффективности применения фунгицидов при разных приемах обработки почвы были заложены и проведены в 2018–2020 гг. в условиях республики Мордовия. Фактор А (приемы обработки почвы) включал в себя следующие варианты: 1. Без обработки почвы (прямой посев); 2. Дискование на глубину 10–12 см; 3. Вспашка на глубину 23–25 см. Фактор В (фунгициды различных химических групп и кратность их применения): 1. Контроль (без фунгицида); 2. Колосаль Про, КЭ однократно (в фазу кущения) — 0,4 л/га; 3. Колосаль Про, КЭ двукратно (в фазу кущения + в фазу выхода в трубку) — 0,4 л/га + 0,4 л/га; 4. Спирит, КС однократно (в фазу кущения) — 0,6 л/га; 5. Спирит, КС двукратно (в фазу кущения + в фазу выхода в трубку) — 0,6 л/га + 0,6 л/га; 6. Бенорад, СП однократно (в фазу кущения) 0,6 кг/га; 7. Бенорад, СП двукратно (в фазу кущения + в фазу выхода в трубку) — 0,6 кг/га + 0,6 кг/га.

Опыт был заложен методом расщепленных делянок в 4-кратной повторности на черноземе выщелоченном, тяжелосуглинистом. Площадь учетной делянки второго порядка — 20 м². Определение элементов структуры урожая и биологической урожайности проводили по «Методике государственного сортоиспытания...» [5]. Погодные условия были различными: от острозасушливых в 2019 (ГТК_V = 0,32; ГТК_{VI} = 0,68) до увлажненных в 2020 (ГТК_V = 2,80; ГТК_{VI} = 1,43). Статистический анализ результатов был выполнен методом общей линейной модели (GLM) с использованием программы Statistica 10 с выделением главных эффектов и их попарного взаимодействия.

Результаты и обсуждение

Дисперсионный анализ свидетельствует, что условия периода вегетации оказали существенное влияние на показатели структуры урожая (таблица 1).

Наиболее благоприятные условия увлажнения сложились в 2020 г. В засушливых условиях 2018–2019 гг. количество продуктивных стеблей снижалось на 21–37%, количество зерен в колосе — на 16–25%. Снижение показателей структуры урожая ячменя в засушливые годы по мнению большинства исследователей связано с меньшим потреблением необходимых питательных веществ из почвы, снижением интенсивности деления и дифференциации клеток, уменьшением продуктивности фотосинтеза [6, 7].

Установлено что вспашка достоверно увеличивала количество продуктивных стеблей (21–23%) и количество зерен в колосе (14–15%) по сравнению с дискованием и прямым посевом. Масса 1000 семян при прямом посеве значительно уступала другим вариантам обработки почвы.

В среднем за все годы исследования наименьшие показатели структуры урожая отмечены на варианте без применения средств защиты растений. Применяемые фунгициды существенно не различались по влиянию на количество продуктивных стеблей. Количество зерен в колосе увеличивалось при использовании Колосаль Про и Спирит по сравнению с контролем. Масса 1000 семян максимальной была при двукратном применении Колосаль Про и Спирит. Увеличение по сравнению с контролем составляло 8–9%.

Статистический анализ показал значимое влияние взаимодействия приемов обработки почвы и фунгици-

Таблица 1. Влияние главных эффектов факторов на показатели структуры урожая ячменя ярового

Table 1. Influence of the main effects of factors on crop structure of spring barley

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 семян
Год			
2018	390a*	14,0a	40,8a
2019	305b	15,7b	43,2b
2020	491c	18,6c	43,9b
Прием основной обработки почвы (фактор А)			
Прямой посев	376a	16,0a	42,1a
Дискование	383a	15,8a	42,8b
Вспашка	428b	16,4b	43,0b
Фунгицид (фактор В)			
Без фунгицида	375a	15,3a	40,2a
Колосаль Про 1-кратно	396b	16,7b	42,6c
Колосаль Про 2-кратно	401b	16,6b	43,8d
Спирит 1-кратно	399b	16,4b	43,0c
Спирит 2-кратно	401b	16,6b	43,9d
Бенорад 1-кратно	395b	15,7a	41,8b
Бенорад 2-кратно	400b	15,3a	43,1c
Эффекты взаимодействий**			
Прием обр. почвы × Год	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Фунгицид × Год	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Прием обр. почвы × Фунгицид	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Прием обр. почвы × Фунгицид × Год	0,123	0,073	0,093

* — значения с различными индексами достоверно различаются между собой по критерию Тьюки на уровне $p = 0,05$; ** — эффекты взаимодействий значимы при $p < 0,05$.

Таблица 2. Влияние факторов и их взаимодействий на рассеивание экспериментальных данных, %

Table 2. Influence of factors and their interactions on the dispersion of experimental data, %

Фактор	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 семян
Год	64	71	34
Прием обработки почвы	22	1	2
Фунгицид	2	10	27
Прием обр. почвы × Год	4	6	5
Фунгицид × Год	4	4	14
Прием обр. почвы × Фунгицид	2	2	2
Прием обр. почвы × Фунгицид × Год	1	2	5
Случайное	2	4	10

Таблица 3. Влияние приемов основной обработки почвы и фунгицидов на урожайность зерна ярового ячменя, т/га (среднее за 2018–2020 гг.)

Table 3. Influence of methods of primary tillage and fungicides on grain yield of spring barley, t/ha (average for 2018–2020)

Фунгицид (фактор В)	Обработка почвы (фактор А)			Средние по фактору В
	прямой посев	дискование	вспашка	
Контроль	2,13a	2,24a	2,74bc	2,37a
Колосаль Про 1-кратно	2,65bc	2,74cd	3,16e	2,85bc
Колосаль Про 2-кратно	2,76cd	2,81d	3,27e	2,95c
Спирит 1-кратно	2,74cd	2,81d	3,07d	2,87bc
Спирит 2-кратно	2,85d	2,86d	3,23e	2,98c
Бенорад 1-кратно	2,47b	2,51b	2,94d	2,64b
Бенорад 2-кратно	2,57bc	2,61bc	2,95d	2,71bc
Средние по фактору А	2,60a	2,65a	3,05b	

Значения с различными индексами достоверно различаются между собой по критерию Тьюки на уровне $p = 0,05$.

да на показатели структуры урожая в опыте. Двукратное применение Спирита и Колосаль Про по фону вспашки существенно увеличивало массу 1000 семян и количество колосьев на единице площади по сравнению с другими вариантами.

Анализ рассеивания экспериментальных данных по методу Доспехова — Барова свидетельствовал (таблица 2), что результативное варьирование количества продуктивных стеблей на 64% зависело от метеорологических условий периода вегетации, на 28% — от

приема основной обработки почвы, влияние фунгицидов и эффектов взаимодействия факторов не превышало 5% (таблица 2).

Изучаемые приемы обработки почвы практически не оказывали влияние на изменение количества зерен в колосе и массы 1000 семян. Фунгициды в большей степени влияли на налив зерна в заключительные периоды развития культуры, что подтверждается существенным вкладом в варьирование данных. Взаимодействие факторов не вносило существенный вклад в общую дисперсию, за исключением влияния Фунгицид × Год на показатель массы 1000 семян.

Анализ биологической урожайности ячменя показал, что вспашка увеличивала продуктивность культуры по сравнению с прямым посевом и дискованием на 0,40–0,45 т/га (таблица 3).

Применение фунгицидов достоверно увеличило урожайность зерна ярового ячменя. При этом наибольший сбор зерна за 3 года исследования в среднем по фактору наблюдали при двукратном применении препаратов Спирит и Колосаль Про. Прибавка урожайности зерна в этих вариантах относительно контроля составляла 0,58–0,61 т/га. Наибольшая продуктивность культуры в опыте получена на варианте двукратного применения фунгицида Колосаль Про по фону вспашки.

Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют, что изучаемые в опы-

те факторы оказывали различное влияние на элементы структуры урожая ярового ячменя. Приемы основной обработки почвы существенно изменяли количество продуктивных стеблей, фунгициды в большей степени влияли на количество зерен в колосе и массу 1000 семян. Биологическая урожайность культуры по фону минимальной и нулевой обработки почвы существенно уступала вспашке. Максимальная урожайность в опыте достигнута при двукратной обработке посевов фунгицидами Колосаль Про и Спирит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tricase, C., Amicarelli V., Lamonaca E., Rana R. Economic Analysis of the Barley Market and Related Uses. <https://www.intechopen.com/chapters/62190>
2. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-till / Под ред.: Н.Г. Власенко, Н.А. Власенко, И.Г. Бокина. Новосибирск: Сиб. НИИ земледелия и химизации, 2013. – 124 с.
3. Yang J. P., Sieling K., Hanus H. Effects of fungicide on grain yield of barley grown in different cropping systems //Journal of agronomy and crop science. – 2000. – Т. 185. – №. 3. – P. 153-162.
4. Vanova M., Pařík S., Hajšlová J., Buresova I. Grain quality and yield of spring barley in field trials under variable growing

conditions //Plant soil environ. – 2006. – Т. 52. – №. 5. – С. 211-219.

5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые травы: под ред. А.И. Григорьева. Москва: Колос, 1989. Выпуск 2. – 194 с.

6. Hafez E. M., Seleiman M. F. Response of barley quality traits, yield and antioxidant enzymes to water-stress and chemical inducers //International Journal of plant production. – 2017. – Т. 11. – №. 4. – С. 477-490.

7. Sallam A, Alqudah AM, Dawood MFA, Baenziger PS, Börner A. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research. International Journal of Molecular Sciences. – 2019 – Т. 20(13) – 31–37.

REFERENCES

1. Tricase, C., Amicarelli V., Lamonaca E., Rana R. Economic Analysis of the Barley Market and Related Uses. <https://www.intechopen.com/chapters/62190>
2. K voprosu o formirovanii fitosanitarnej situacii v posevah v sisteme No-Till /N. G. Vlasenko, N. A. Korotkih, I. G. Bokina// Novosibirsk, 2013. -123 p.
3. Yang J. P., Sieling K., Hanus H. Effects of fungicide on grain yield of barley grown in different cropping systems //Journal of agronomy and crop science. – 2000. – T. 185. – №. 3. – P. 153-162.
4. Vanova M., Palik S., Hajšlová J., Buresova I. Grain quality and yield of spring barley in field trials under variable growing

conditions //Plant soil environ. – 2006. – T. 52. – №. 5. – С. 211-219.

5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kultur / Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye travy. Moskva: Kolos, 1989. Vypusk 2. – 194 p.
6. Hafez E. M., Seleiman M. F. Response of barley quality traits, yield and antioxidant enzymes to water-stress and chemical inducers //International Journal of plant production. – 2017. – T. 11. – №. 4. – С. 477-490.
7. Sallam A, Alqudah AM, Dawood MFA, Baenziger PS, Börner A. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research. International Journal of Molecular Sciences. – 2019 – T. 20(13) – 31–37.

ОБ АВТОРАХ:

Якупов Евгений Наильевич, аспирант
Савельев Андрей Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Круглов Александр Викторович, аспирант
Бочкарев Дмитрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Никольский Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ABOUT THE AUTHORS:

Yakupov Evgenij Nailevich, Postgraduate Student
Savelev Andrej Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Kruglov Aleksandr Viktorovich, Postgraduate Student
Bochkarev Dmitrij Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences Professor
Nikolskij Aleksandr Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

Российские ученые выявили влияние наночастиц оксида цинка на рост ячменя

Ученые Южного федерального университета (ЮФУ) выяснили, что наночастицы оксида цинка влияют на рост, систему антиоксидантной защиты и экспрессию генов ячменя. Результаты исследования важны для получения высококонкурентной экологически чистой сельскохозяйственной продукции, сообщает ТАСС со ссылкой на пресс-службу Минобрнауки России. Статья с описанием научной работы опубликована на страницах научного журнала Chemosphere.

Наночастицы оксидов металлов все шире используются в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, в результате чего накапливаются в окружающей среде. При этом решающую роль в таком переносе играют именно растения, – благодаря их способности к поглощению и аккумуляции. В новой работе российских ученых было рассмотрено влияние наночастиц оксида цинка на растения ячменя, являющегося одной из основных сельхозкультур, наиболее часто используемой в качестве модельного объекта для оценки токсичности химических веществ.

Исследователи провели сравнительный анализ физико-биохимических показателей и транскрипционной активности генов окислительного стресса у проростков ячменя после 7-дневного воздействия наночастиц оксида цинка (300 и 2000 мг/л), сообщается в научной статье. В ходе работы были показано дозозависимое уменьшение длины и массы корней и побегов, а также значительное накопление цинка в частях растений, выявлены изменения формы и размеров органелл, вакуолизация цитоплазмы, дезорганизация хлоропластов и митохондрий. Эти процессы особенно выражены, когда

ячмень подвергается воздействию более высоких концентраций наночастиц оксида цинка, отметили ученые.

Кроме того, изучение системы антиоксидантной защиты выявило повышение уровня ряда ферментов, вплоть до 3–4 раз. В целом в ответ на воздействие исследуемых форм оксида цинка у ячменя активируется система антиоксидантной защиты, которая эффективно препятствует развитию окислительного стресса на ранних этапах развития растений. Тем не менее, такая активация при постоянном воздействии наночастиц оксида цинка в высоких концентрациях приводит к истощению энергетических ресурсов растения, что негативно сказывается на его росте и развитии, пояснили исследователи. «Устойчивость растений к действию повреждающих факторов среды обитания наряду с наличием специфических генетически детерминированных механизмов во многом определяется уровнем функционирования антирадикальной защиты организма. Поэтому основной целью исследования было определение спектра и уровня биохимических показателей и транскрипционной активности генов окислительного стресса при действии наночастиц ZnO (оксид цинка)», – отметил ведущий научный сотрудник ЮФУ Кирилл Азарин – один из авторов исследования.

Применение комплексного подхода, включающего как физиолого-биохимические, так и молекулярно-генетические методы, позволило ученым ЮФУ выявить фундаментальные основы механизмов воздействия наночастиц оксида цинка на растения, отмечает пресс-служба ведомства. Кроме того, результаты, полученные в ходе исследования, поставили перед специалистами ряд вопросов, касающихся функционирования энергетических систем растений, механизмов проникновения и трансформации наночастиц в клетки.