

Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья

Анатолий Петрович Солодовников¹, Александр Сергеевич Линьков¹,
Сергей Анатольевич Преймак¹, Николай Владимирович Фисунов²

¹Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Аннотация. С целью определения влияния агрофизических, водно-физических свойств темно-каштановой почвы и погодных условий, складывающихся в Саратовском Заволжье, на урожайность зерна ярового ячменя был заложен опыт с различными способами основной обработки почвы. В течение пяти лет (2017–2021 гг.) погодные условия Саратовского Заволжья изменялись от острозасушливых в 2020 и 2019 гг. (ГТК_{май-июль} – 0,2 и ГТК_{май-июль} – 0,21) до влажных в 2017 г. (ГТК_{май-июль} – 1,1). Плотность почвы перед посевом ячменя увеличивалась от 1,07 г/см³ в слое 0–20 см по вспашке плугом ПБС–10 П до 1,20 г/см³ на варианте с минимальной обработкой. Максимальная влажность почвы в среднем за пять лет перед посевом ячменя формировалась в слое 0–50 см на варианте с ПБС–10 П – 18,5 %, а в слое 50–100 см на глубокой безотвальной обработке – 13,8 %. В фазу кущения ячменя минимальная влажность почвы в верхнем и нижнем горизонте отмечалась на варианте с дискованием 13,8 и 11,6 % соответственно. Основная обработка почвы плугом ПБС–10 П увеличивала урожайность ячменя по сравнению с контролем на 0,04 т/га, или на 3,2 %, а безотвальная обработка SSD–4, Terradig уменьшала данный показатель на 0,07 т/га, или на 5,6 %. Минимальная обработка темно-каштановой почвы снижала урожайность зерна ячменя на 22,4 %. Наиболее значительное влияние на формирование урожайности зерна ячменя в засушливом Заволжье оказывают сумма осадков за май–июль – 27,5 % и ГТК – 26,8 %.

Ключевые слова: ячмень; плотность; влажность почвы; погодные условия; корреляция.

Для цитирования: Солодовников А. П., Линьков А. С., Преймак С. А., Фисунов Н. В. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 29–32. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i8pp29-32>.

AGRONOMY

Original article

Agrophysical, water and physical factors and weather conditions determining the yield of barley grain on dark chestnut soil of the Trans-Volga region

Anatoly P. Solodovnikov¹, Alexander S. Linkov¹, Sergey A. Preymak¹, Nikolay V. Fisunov²

¹Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

²State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Abstract. The article presents an analysis of the effectiveness of mineral fertilizers in arid conditions of the Saratov Left Bank. Conducted studies on the mineral fertilization on crops: winter wheat, winter rye, chickpea and sunflower showed that the application of ammonium nitrate before sowing in doses of 110–130 kg/ha in physical weight increases the yield of winter wheat by 0.13 t/ha, or by 14.7%; winter rye – by 0.33 t/ha, or by 19.2%; chickpea - by 0.08 t/ha, or 14.2%, sunflower - by 0.08 t/ha, or 14.7%. It is noted that the efficiency of mineral fertilizers increases in more favorable weather conditions. The calculation of economic efficiency showed that the costs of fertilizing pay off, additional profit in the cultivation of winter wheat amounted to 2937.5 rubles/ha, winter rye - 4327.5 rubles/ha, for chickpea crops - 3106.5 rubles/ha, sunflower - 3115.0 rubles/ha.

Keywords: barley; density; soil moisture; weather; correlation.

For citation: Solodovnikov A. P., Linkov A. S., Preymak S. A., Fisunov N. V. Agrophysical, water and physical factors and weather conditions determining the yield of barley grain on dark chestnut soil of the Trans-Volga region // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(8):29–32. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i8pp29-32>.

Введение. В засушливых погодных условиях Саратовского Заволжья яровые растения с мочковатой корневой системой испытывают состояние стресса, что нарушает нормальное течение физиологических процессов в растении. Развитие корневой системы ячменя менее интенсивное по сравнению с другими зерновыми культурами, поэтому для возделывания ячменя необходима почва с рыхлым сложением и хорошей структурой [1, 4, 7]. Агротехнически не обоснованный способ основной обработки темно-каштановой почвы при ухудшении физических свойств может способствовать уменьшению накопления и сохранения доступной влаги от зимне-весенних и летних осадков [5, 8, 9, 11].

Для определения наиболее значимых факторов, определяющих урожайность ячменя, необходимо научное обоснование их долевого влияния с целью снижения негативного воздействия.

Методика исследований. С целью определения влияния агрофизических, водно-физических свойств темно-каштановой почвы и погодных условий, складывающихся в Саратовском Заволжье, на урожайность зерна ярового ячменя был заложен опыт с различными сельскохозяйственными орудиями для основной обработки почвы: 1. Плуг ПЛН–8–35 на глубину 20–22 см (контроль). 2. Плуг ПБС–10 П на глубину 23–25 см. 3. Глубокорыхлитель SSD–4, Terradig на глубину 30–32 см. 4. Дискатор БДМ 7×3 ППКШКС на 10–12 см.





Почва опытного участка Саратовского ГАУ темно-каштановая, среднесуглинистая, содержание гумуса в верхнем двадцатисантиметровом слое 2,8 %. Водно-физические свойства метрового слоя почвы: НВ – 22,1 %, ВУЗ – 9,7 % от массы абсолютно сухой почвы, плотность – 1,37 г/см³.

Повторность опытных делянок трёхкратная, расположение рендомизированное, учетная площадь 500 м². На опытном участке возделывался сорт ячменя Медикум-139, предшественник – просо.

Перед посевом ячменя под культивацию вносили 100 кг/га аммиачной селитры. Посев ячменя выполнялся в третьей декаде апреля сеялкой СЗ–3,6 с нормой высева 3,5 млн шт. всхожих семян на 1 га.

Полевой опыт сопровождался наблюдениям и исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками и методическими указаниями [3, 6, 10].

Результаты исследований. В условиях Саратовского Заволжья складывающиеся погодные условия в значительной степени определяют урожайность яровых зерновых культур. Многолетние наблюдения показывают, что благоприятные климатические условия складывались один раз в пять лет. В 2017 г. сумма осадков за период вегетации ярового ячменя была равна 209,1 мм, что превышало многолетние значения на 97,1 мм, или на 86,7 %. Самые засушливые условия формировались в 2020 г. с количеством осадков всего 39,3 мм, ГТК = 0,20. Средняя температура воздуха за май–июль изменялась от 19,1 °С в 2017 г. до 23,4 °С в 2021 г, при среднемноголетних значениях – 19,4 °С (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия в годы проведения исследований

Год исследований	Сумма осадков (май–июль), мм	Средняя температура воздуха (май–июль), °С	ГТК (май–июль)
2017	209,1	19,1	1,10
2018	70,3	21,0	0,36
2019	42,0	22,5	0,21
2020	39,3	20,9	0,20
2021	66,3	23,4	0,32
Средние многолетние	112	19,4	0,63

Сельскохозяйственные орудия, которыми производится основная обработка почвы, и глубина обработки значительно влияют на агрофизические показатели.

В среднем за пять лет плотность почвы перед посевом ячменя в горизонте 0–20 см имела минимальные значения на вспаханных вариантах – 1,07–1,08 г/см³. Обработка почвы глубокорыхлителем увеличивала данный показатель до 1,16 г/см³, дискатором до 1,20 г/см³ (табл. 2).

Таблица 2

Плотность почвы перед посевом ячменя (третья декада апреля), г/см³

С.- х. орудия для основной обработки почвы	Слой почвы, см	Год исследований					
		2017	2018	2019	2020	2021	средняя
ПЛН–8-35 (контроль)	0–20	1,06	1,10	1,06	1,09	1,08	1,08
	20–40	1,28	1,30	1,28	1,31	1,28	1,29
ПБС–10 П	0–20	1,04	1,09	1,06	1,07	1,07	1,07
	20–40	1,29	1,28	1,29	1,32	1,28	1,29
SSD–4, Terradig	0–20	1,15	1,14	1,16	1,20	1,17	1,16
	20–40	1,32	1,31	1,32	1,34	1,31	1,32
БДМ 7×3 ППКШКС	0–20	1,18	1,17	1,20	1,23	1,21	1,20
	20–40	1,36	1,35	1,37	1,40	1,36	1,37

Наиболее значительные изменения плотности почвы по вариантам опыта отмечены в слое 20–40 см. По минимальной обработке плотность сложения достигала критических значений – 1,37 г/см³.

Изменение плотности почвы по вариантам основной обработки почвы оказало влияние на накопление влаги. Максимальное увлажнение верхнего полуметрового слоя формировалось на вспаханных участках (18,4–18,5 %), что превышало минимальную обработку на 0,9–1,0 %, но данные различия не оказывали существенного влияния на урожайность ячменя, т.к. для получения хороших всходов влаги было достаточно по всем изучаемым вариантам (табл. 3).

Таблица 3

Влажность почвы перед посевом ячменя (третья декада апреля), % от массы абсолютно сухой почвы

Год исследований	Слой почвы, см	С.- х. орудия для основной обработки почвы			
		ПЛН–8-35 (контроль)	ПБС–10 П	SSD–4, Terradig	БДМ 7×3 ППКШКС
2017	0–50	16,0	17,4	16,8	15,8
	50–100	9,6	10,0	10,4	9,2
2018	0–50	19,6	19,2	18,0	18,5
	50–100	10,6	10,8	14,2	10,7
2019	0–50	18,3	18,2	17,7	17,4
	50–100	17,1	17,4	17,5	16,6
2020	0–50	17,4	17,5	17,7	16,6
	50–100	9,2	9,5	10,7	9,0
2021	0–50	20,6	20,4	19,8	19,4
	50–100	15,2	15,8	16,4	13,6
В среднем за 2017–2021 гг.	0–50	18,4	18,5	18,0	17,5
	50–100	12,3	12,7	13,8	11,8



В слое 50–100 см больше влаги накапливалось на варианте с глубокой обработкой SSD–4, Terradig – 13,8 % против 11,8 % на варианте, обработанном дискатором на 10–12 см.

В фазу кущения ячменя (первая декада июня) минимальное увлажнение верхнего полуметрового слоя почвы отмечалось по дискованию 13,8 %, что меньше контроля на 0,9 %. Во втором полуметровом горизонте (50–100 см) наибольшие запасы влаги складывались на варианте с применением глубокорыхлителя SSD–4, Terradig – 12,7 % (табл. 4).

Таблица 4

Влажность почвы в фазу кущения ячменя (первая декада июня), % от массы абсолютно сухой почвы

Год исследований	Слой почвы, см	С.-х. орудия для основной обработки почвы			
		ПЛН–8-35 (контроль)	ПБС–10 П	SSD–4, Terradig	БДМ 7×3 ППКШКС
2017	0–50	19,1	18,8	18,3	18,4
	50–100	14,3	15,5	16,4	14,2
2018	0–50	16,5	16,5	16,4	15,5
	50–100	9,5	9,9	11,8	9,5
2019	0–50	11,8	11,9	11,8	10,8
	50–100	13,8	13,9	13,4	13,4
2020	0–50	12,9	12,8	12,9	12,8
	50–100	10,1	10,2	10,5	9,6
2021	0–50	13,4	13,2	12,9	11,4
	50–100	11,0	11,4	11,5	11,2
В среднем за 2017–2021 гг.	0–50	14,7	14,6	14,5	13,8
	50–100	11,7	12,2	12,7	11,6

Учет урожайности зерна ячменя в благоприятном 2017 г. (ГТК = 1,1) показал, что максимальные значения урожайности формировались на вспашке плугом ПБС–10 П – 2,97 т/га, но различия с контролем находились в пределах ошибки опыта. На минимальной и безотвальной обработке урожайность ячменя снижалась на 20,5 и 7,0 % соответственно (табл. 5).

Таблица 5

Урожайность зерна ячменя по годам исследований, т/га

С.-х. орудия для основной обработки почвы	Год исследований					
	2017	2018	2019	2020	2021	средняя
ПЛН–8-35 (контроль)	2,87	0,59	0,53	0,43	1,85	1,25
ПБС–10 П	2,97	0,58	0,56	0,45	1,91	1,29
SSD–4, Terradig	2,67	0,63	0,35	0,49	1,77	1,18
БДМ 7×3 ППКШКС	2,28	0,54	0,24	0,28	1,50	0,97
НСР ₀₅	0,16	0,02	0,06	0,04	0,08	–
F _ф	16,7	23,5	7,4	56,3	22,1	–

В острозасушливом (ГТК = 0,20) 2020 г. на вспаханных вариантах урожайность зерна ячменя составила 0,43 и 0,45 т/га соответственно. Возделывание ячменя по глубокой безотвальной обработке достоверно (НСР₀₅ = 0,04) увеличивало урожайность до 0,49 т/га, или на 14 % по сравнению с контролем.

Пятилетний анализ урожайности ячменя по изучаемым вариантам опыта показывает, что обработка почвы плугом ПБС–10 П увеличивала урожайность ячменя по сравнению с контролем на 0,04 т/га, или на 3,2 %, а безотвальная обработка SSD–4, Terradig уменьшала данный показатель на 0,07 т/га, или на 5,6 %. Минимальная обработка темнокаштановой почвы снижала урожайность зерна ячменя на 22,4 %.

Множественная корреляция урожайности зерна ячменя от изучаемых девяти факторов показала, что коэффициент множественной детерминации составил 0,852. Следовательно, урожайность ячменя на 85,2 % определялась именно этими факторами, доля неучтенных показателей составила 14,8 %. Уравнение множественной регрессии имело следующий вид:

$$Y_{\text{ячменя}} = 8,236 + 0,0012X_1 + 2,2673X_2 + 0,0280X_3 - 7,7928X_4 + 0,1216X_5 - 0,000X_6 - 0,0123X_7 + 0,0299X_8 - 0,0139X_9,$$

где X_1 – сумма осадков (май–июль), мм; X_2 – ГТК; X_3 – плотность почвы (0–20 см), г/см³; X_4 – плотность почвы (20–40 см), г/см³; X_5 – влажности почвы перед посевом ячменя (0–50 см), %; X_6 – влажность почвы перед посевом ячменя (50–100 см), %; X_7 – влажность почвы в фазу кущения (0–50 см), %; X_8 – влажность почвы в фазу кущения (50–100 см), %; X_9 – глубина основной обработки почвы под ячмень, см.

По полному корреляционному анализу были установлены наиболее значимые ($r > 0,3$) изучаемые показатели, влияющие на урожайность зерна ячменя, из которых максимально определяющими в условиях Саратовского Заволжья являются сумма осадков за май–июль ($r = 0,87$) и ГТК ($r = 0,86$), от которых урожайность зависела на 27,5 и на 26,8 % соответственно. Из изложенного следует, что незначительные запасы влаги в почве, которые формируются после весеннего снеготаяния в Заволжье, не могут гарантировать получение стабильного урожая ярового ячменя (см. рисунок).



Степень влияния изучаемых факторов на урожайность зерна ячменя, %

степень связи и не оказывали существенного влияния на урожайность ячменя, коэффициент корреляции изменялся от 0,09 (глубина основной обработки почвы) до 0,29 (плотность почвы слоя 20–40 см).

Заключение. Плотность почвы перед посевом ячменя имела максимальные значения по минимальной обработке в слое 0–20 см – 1,20 г/см³, а в горизонте 20–40 см достигала критических значений – 1,37 г/см³.

Максимальная влажность почвы в среднем за пять лет перед посевом ячменя формировалась в слое 0–50 см на варианте с ПБС–10 П – 18,5 %, а в слое 50–100 см на глубокой безотвальной обработке – 13,8 %. В фазу кушения ячменя минимальная влажность почвы в верхнем и нижнем горизонте отмечалась на варианте с дискованием 13,8 и 11,6 % соответственно.

Основная обработка почвы плугом ПБС–10 П увеличивала урожайность ячменя по сравнению с контролем на 3,2 %, а безотвальная обработка SSD–4, Terradig уменьшала на 5,6 %. Минимальная обработка темно-каштановой почвы снижала урожайность зерна ячменя на 22,4 %.

Наибольшее влияние на формирование урожайности зерна ячменя в засушливом Заволжье оказывают сумма осадков за май–июль – 27,5 %, ГТК – 26,8 %, влажность почвы в фазу кушения в слое 0–50 см – 10,1% и в слое 50–100 см – 13,0 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков И.И. Ячмень в интенсивном земледелии. М., 1990. 176 с.
2. Борисоник З.Б. Ячмень яровой. М., 1974. 255 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
4. Изменение продуктивности яровой пшеницы в сухостепной зоне Заволжья под влиянием абиотических факторов / Е.П. Денисов [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2013. № 7. С. 23–26.
5. Зависимость плотности почвы как основного показателя плодородия от других агрофизических факторов / К.Е. Денисов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 27–30.
6. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин [и др.]. Саратов, 2013. 264 с.
7. Перспективные приемы обработки почвы в сухостепной зоне Поволжья / Ф.П. Четвериков [и др.]. Саратов, 2017. 200 с.
8. Солодовников А.П., Денисов Е.П., Тарбаев Ю.А. Отзывчивость ярового ячменя на технологии сберегающего земледелия в условиях Саратовского Правобережья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 50–51.
9. Сохранение плодородия почвы и повышение продуктивности ячменя после фитомелиорации / А.П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 29–34.
10. Шейн Е.П., Гончаров В.М. Агрофизика. Ростов н/Д., 2006. 397 с.
11. Энергосберегающие технологии обработки почвы при возделывании ярового ячменя на южных черноземах Правобережья / К.Е. Денисов [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2012. № 4. С. 9–12.

REFERENCES

1. Belyakov I.I. Barley in intensive farming. Moscow, 1990. 176 p.
2. Borisonic Z.B. Spring barley. Moscow, 1974. 255 p.
3. Dospekhov B.A. Methods of field experience. Moscow, 1985. 351 p.
4. Change in the productivity of spring wheat in the dry steppe zone of the Trans-Volga region under the influence of abiotic factors / E.P. Denisov et al. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2013; 7: 23–26.
5. Dependence of soil density as the main indicator of fertility on other agrophysical factors / K.E. Denisov et al. *The agrarian scientific journal*. 2016; 9: 27–30.
6. Fundamentals of scientific research in plant growing and selection / A.F. Druzhkin et al. Saratov, 2013. 264 p.
7. Perspective methods of tillage in the dry steppe zone of the Volga region / F.P. Chetverikov et al. Saratov, 2017. 200 p.
8. Solodovnikov A.P., Denisov E.P., Tarbaev Yu.A. Responsiveness of spring barley to conservation agriculture technologies in the conditions of the Saratov Right Bank. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2015; 2 (52): 50–51.
9. Preservation of soil fertility and increasing the productivity of barley after phytomelioration / A.P. Solodovnikov et al. *The agrarian scientific journal*. 2017; 2: 29–34.
10. Shein E.P., Goncharov V.M. Agrophysics. Rostov on Don, 2006. 397 p.
11. Energy-saving technologies for tillage in the cultivation of spring barley on the southern chernozems of the Right Bank / K.E. Denisov et al. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2012; 4: 9–12.

Статья поступила в редакцию 28.04.2022; одобрена после рецензирования 20.05.2022; принята к публикации 30.05.2022.
The article was submitted 28.04.2022; approved after reviewing 20.05.2022; accepted for publication 30.05.2022.

