

Урожайность ячменя в севооборотах с сидеральным паром на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала

В. Ю. Скороходов, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»
460051, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1
✉ skorohodov.vitali1975@mail.ru.

Резюме. Установление причинно-следственных связей между гидротермическими условиями среды и продуктивностью зерновых культур – одно из важнейших условий повышения эффективности агротехнологических приёмов. Основным фактором реализации потенциальной продуктивности ячменя является оптимизация минерального питания, направленная на повышение урожайности в конкретных почвенно-климатических условиях. Целью исследования является определение потенциальных возможностей получения урожайности ярового ячменя при влиянии гидротермического стресса в сопряжении с пролонгированным действием минеральных удобрений в шестипольных сидеральных севооборотах в условиях степной зоны Южного Урала. Исследования проводились в центральной зоне Оренбургской области (координаты стационарного опыта 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д.). Почвы – чернозёмы южные карбонатные среднесиловые тяжёлоглинистые с содержанием гумуса 3,2...4,0 %. В среднем за 31 год исследований (1993-2023гг.) урожайность ячменя в сидеральном севообороте с кукурузой на силос при использовании минеральных удобрений составила 1,65 т, без удобрений – 1,43 т с 1 га. В очень засушливые годы отмечается заметное снижение урожайности ячменя в сравнении со среднесиловыми данными и составило 0,46 т в севообороте с кукурузой на силос, 0,42 т – с просом, 0,40 т – с сорго на силос, 0,37 т с 1 га – с горохом. Применение минеральных удобрений в очень засушливые годы приводит к снижению урожайности ячменя. В результате статистической обработки данных установлена корреляционная зависимость между урожайностью ячменя и показателем ГТК, $r = 0,42...0,57$.

Ключевые слова: сидеральный севооборот, урожайность ячменя, засушливые годы, удобрение, гидротермический коэффициент.

Для цитирования: Скороходов В. Ю. Урожайность ячменя в севооборотах с сидеральным паром на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №1 (69). С. 19-26. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-19-26

Barley yield in crop rotations with green manure fallow on southern black soils of the steppe zone of the Southern Urals

V. Yu. Skorokhodov

Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
460051, Russia, Orenburg region, Orenburg, Gagarin Ave. 27/1 ✉ skorohodov.vitali1975@mail.ru

Abstract. Establishing cause-and-effect relation between hydrothermal conditions of the environment and the productivity of grain crops is one of the most important conditions for increasing the efficiency of agrotechnological methods. The main factor in realizing barley potential productivity is improvement of mineral nutrition aimed at increasing the yield in specific soil and climatic conditions. The aim of the study is to determine the potential for obtaining the yield of spring barley under the influence of hydrothermal stress in conjunction with the prolonged action of mineral fertilizers in six-field green manure crop rotations in the steppe zone of the Southern Urals. The studies were conducted in the central zone of Orenburg region (coordinates of the stationary experiment are 51.775125° N, 55.306547° E). Soils are southern carbonate black soil, medium-deep, heavy loamy with a humus content of 3.2-4.0%. On average, over 31 years of the research (1993-2023), the yield of barley in a green manure crop rotation with maize for silage in case of application of mineral fertilizers was 1.65 tons, without fertilizers - 1.43 tons per 1 ha. In very dry years, a noticeable decrease in barley yield was noted in comparison with the average long-term data and was 0.46 tons in a crop rotation with maize for silage, 0.42 tons with millet, 0.40 tons with sorghum for silage, 0.37 tons per 1 ha with peas. The application of mineral fertilizers in very dry years leads to a decrease in barley yield. As a result of statistical data processing, a correlation was established between barley yield and the HTC parameter, $r = 0.42-0.57$.

Keywords: green manure crop rotation, barley yield, drought years, fertilization, hydrothermal coefficient.

For citation: Skorokhodov V. Yu. Barley yield in crop rotations with green manure fallow on southern black soils of the steppe zone of the Southern Urals // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;1(69): 19-26 doi:10.18286/1816-4501-2025-1-19-26

Исследования выполнены в ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН» в соответствии с планом НИР на 2022-2024гг (FNWZ-2022-0014).

Введение

В Оренбургской области отмечается интенсивное потепление, выражающееся в часто повторяющихся засухах за последние 25-30 лет при повышении среднегодовой температуры воздуха на 2,1°C с резкими среднесуточными перепадами [1]. Неблагоприятные погодные условия приводят к снижению продуктивности зернофуражных культур, в частности ярового ячменя. Повышение продуктивности ячменя является приоритетной задачей при необходимости получения высокобелковых зернофуражных кормов [2]. Под воздействием засухи снижается всхожесть семян, уменьшается рост зародышевых корней, задерживается формирование вторичной корневой системы, ускоряется старение листьев, сокращается период формирования зерна и т.д. [3]. Путём подбора предшественников и определения сочетания удобрений можно улучшить питательный режим почвы и добиться повышения урожайности зернофуражной культуры [4,5]. Основным фактором реализации потенциальной продуктивности ячменя является оптимизация минерального питания, направленная на повышение урожайности в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальных затратах и оптимальном сочетании в почве макро- и микроудобрений [6]. Оптимизация минерального питания растений в современном земледелии является обязательным приёмом в повышении продуктивности агроценозов. Однако рационализация внесения удобрений не всегда приводит к ожидаемому росту урожайности возделываемых в севообороте культур [7]. Культура ярового ячменя имеет высокую отзывчивость на применение минеральных удобрений и пролонгированное их действие, а также последствие запаханых сидератов в севооборотах [8]. В севооборотах, как правило, ячмень располагается в виде замыкающей его культуры, в поле которого отмечается дефицит питательных элементов в почве и возникает потребность улучшения условий для возделывания, связанная с применением минеральных удобрений и биовосстановлением почвенного плодородия путём сидерации [9, 10]. Севооборот является элементом системы земледелия, без которого невозможно осуществление приёмов, направленных на оптимизацию культуры земледелия. Предшественники в севообороте оказывают влияние на влагообеспеченность почвы, способствуют прорастанию семян, регулируют фитосанитарное состояние посевов, снижают потребность в химических средствах защиты растений [11]. При возделывании ячменя в севообороте в острозасушливые годы увеличивается

потребление калия по двум фонам почвенного питания (на удобренном до 35,7 мг, на неудобренном до 22,7 мг) [12]. Возделывание сельскохозяйственных культур в севооборотах – важный аспект регулирования численности вредоносных организмов в агроценозах [13]. Изоляция культур, имеющих общих вредителей и болезни как во времени, так и территориально снижает потери в урожайности. В севооборотах положительную фитосанитарную роль выполняют чистые и сидеральные пары [14]. Применение севооборотов с сидеральным паром является возможностью приблизить условия функционирования агроценозов к естественным растительным экосистемам, обладающим саморегуляцией и устойчивостью [15]. Воспроизводству почвенного плодородия в севооборотах способствует комплексное использование биоресурсов агроценозов (пожнивные сидераты). Применение органики растительного происхождения способствует биоразнообразию микроорганизмов и мезофауны, при этом осуществляется круговорот веществ, возрастает супрессивность почвы, трансформируется органическое вещество с увеличением его содержания в почве, что создаёт благоприятный фон для возделывания сельскохозяйственных культур [16]. Научно обоснованное применение удобрений позволяет управлять почвенным плодородием, качеством сельскохозяйственной продукции и предотвращает загрязнение окружающей среды [17, 18]. Почвенное плодородие нуждается в разработке системы мероприятий, регулирующей его показатели с прогнозом процессов, происходящих в почве. В многолетних стационарных опытах создаются исключительные условия стандартизации действия изучаемых факторов [19, 20].

Цель исследования – определить потенциальные возможности получения урожайности ярового ячменя при влиянии гидротермического стресса в сопряжении с пролонгированным действием минеральных удобрений в шестипольных сидеральных севооборотах, в условиях степной зоны Южного Урала для повышения продуктивности культуры и рационального применения минеральных удобрений в засуху.

Материалы и методы

Методом исследования послужила центральная зона Оренбургской области. Опыт расположен на многолетнем стационарном участке отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в координатах 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д. Почва стационарного участка относится к чернозёмам южным карбонатным

среднемогущим тяжелосуглинистым с содержанием гумуса 3,2-4,0% (в слое 0-30см), общего азота 0,20-0,30%, доступного фосфора 150-250 мг и обменного калия 300-380 мг на 1 кг почвы, pH = 7,0...8,1.

Схема эксперимента представлена четырьмя вариантами опыта возделывания ячменя в системе шестипольных зернопаровых и зернопропашных

севооборотов. Ячмень является замыкающей севооборот культурой. Многолетние экспериментальные данные представлены за период с 1993 по 2023 гг. Схема эксперимента имеет вид 2А х 4В, где А – почвенный фон (удобренный $N_{40}P_{80}K_{40}$ и без удобрения) и В – предшественник (предшествующее звено, севооборот) (табл. 1).

Таблица 1. Схема эксперимента

Севооборот	Номер поля, вид пара, культура					
	1	2	3	4	5	6
Шестипольный зернопропашной	Пар сидеральный (в качестве сидератов посев гороха с овсом)	Яровая твёрдая пшеница	Яровая мягкая пшеница	Кукуруза на силос	Мягкая пшеница	Ячмень I
				Просо	Мягкая пшеница	Ячмень II
				Сорго на силос	Мягкая пшеница	Ячмень III
				Горох	Мягкая пшеница	Ячмень IV

Предшественником ячменя является яровая мягкая пшеница, возделываемая по кукурузе на силос, просу, сорго на силос, гороху в последствии звена с сидеральным паром (пар сидеральный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница).

Размеры опытных делянок ячменя в шестипольных севооборотах с сидеральным паром составляют 3,6 × 90 м ($S = 324 \text{ м}^2$), в том числе 3,6 × 30 м ($S = 108 \text{ м}^2$) – удобренный фон, 3,6 × 60 ($S=216 \text{ м}^2$) – без удобрения.

Опыты закладывались по методике Б.А. Доспехова в четырёхкратной повторности во времени и пространстве. Расположение делянок в четырёх повторностях систематическое. При комбайновой уборке «Сампо 500» учётная площадь культуры ячменя составляет на удобренном фоне 60 м^2 , на неудобренном – 120 м^2 . Содержание макроэлементов в почве определялось ионометрическим методом по Тюрину (нитратный азот), по Мачигину (подвижной фосфор), по Масловой (обменный калий). При определении влажности почвы применялся термостатно-весовой метод.

Математическая обработка полученных данных выполнена с помощью программы Statistica 12.0.

Результаты

Возделывание ячменя в шестипольных севооборотах с сидеральным паром при применении минеральных удобрений и без них осуществлялось длительный временной промежуток. Годы исследований (1993-2023 гг.) при выращивании культуры в севооборотах включают всё многообразие погодных условий. В связи с данными обстоятельствами получена различная урожайность ячменя, что дало возможность анализа влияния различных факторов, включающих действие минеральных удобрений на возделываемую культуру, а также пролонгированного последствия их в севооборотах. Исследовано влияние минеральных удобрений на урожайность ячменя в различные по засушливости годы. Так, максимальная (4,20 т с 1 га) урожайность ячменя за

31 год исследований получена при использовании минеральных удобрений в шестипольном сидеральном севообороте с кукурузой на силос в 1997 г. (табл. 2). Минимальное значение урожайности ячменя (0,09 т с 1 га) получено в 2010 г. в сидеральном севообороте с сорго на силос без применения минеральных удобрений. В виду сильной засушливости вегетационного периода 2021 года и предшествующего 2020 г. урожайность ячменя отсутствовала. Урожайность ячменя формируется даже в условиях критически повышенной температуры воздуха и недостатка атмосферной и почвенной влаги. Продуктивность ячменя в засушливые годы объясняется возможностью использования продуктивной почвенной влаги прошлых лет за счёт развития более мощной корневой системы, образования узловых корней на 5...6 дней раньше, узкого соотношения соломы и зерна, что обуславливает его преимущество перед яровой пшеницей в борьбе с засухой. Благодаря своим широким листьям ячмень меньше угнетается сорняками.

В среднем за 31 год исследований урожайность ячменя в сидеральном севообороте с кукурузой на силос при использовании минеральных удобрений составила 1,65 т, без удобрений – 1,43 т с 1 га. Использование минеральных удобрений в севообороте с кукурузой на силос увеличило урожайность ячменя в среднем на 0,22 т с 1 га. В севообороте с просом средняя урожайность составила на удобренном фоне 1,72 т, без удобрений – 1,48 т с 1 га. Прибавка урожайности культуры при использовании удобрений в варианте возделывания ячменя в последствии проса 0,24 т с 1 га. При вхождении в севооборот сорго на силос урожайность ячменя составила в среднем 1,61 т на удобренном фоне, 1,31 т с 1 га на неудобренном с прибавкой 0,24 т (аналогичной полученной в севообороте с просом). Севооборот с сорго на силос изучался до 2017 года, далее рассматривается с заменой на посевы проса. По этой причине урожайность ячменя в таблице 2 отсутствует. В севообороте с горохом средняя

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

урожайность ячменя на удобренном фоне составила 1,69 т, на неудобренном – 1,44 т с 1 га.

Формирование урожайности ячменя также зависит от лет засухливости. Годы наших исследований (1993-2023 гг.) выделены в три группы по засухливости вегетационного периода. Критерием для

данного разделения послужило число гидротемического коэффициента по Селянинову Г.Т. К группе очень засушливых отнесены 18 лет: 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009-2012, 2014-2018, 2020, 2021 при ГТК = 0,6 и менее единиц (табл. 3).

Таблица 2. Урожайность ячменя при возделывании в севооборотах с сидеральным паром на двух агрофонах в период 1993-2023 годов, т с 1 га

Годы	Севооборот: пар сидеральный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница							
	кукуруза на силос – яровая мягкая пшеница – ячмень, В ₁		просо – яровая мягкая пшеница – ячмень, В ₂		сорго на силос – яровая мягкая пшеница – ячмень, В ₃		горох – яровая мягкая пшеница – ячмень, В ₄	
	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
1993	1,29	1,13	1,92	1,57	1,92	1,57	1,92	1,57
1994	1,81	1,12	1,53	1,22	1,58	1,20	1,46	1,36
1995	0,47	0,41	0,60	0,50	0,57	0,39	0,51	0,38
1996	2,88	2,66	2,86	2,62	2,79	2,53	2,26	2,41
1997	4,20	3,49	3,98	3,28	3,87	3,12	3,73	3,15
1998	1,19	1,01	1,07	0,97	1,10	0,93	0,89	0,84
1999	2,45	2,11	2,91	2,42	2,81	2,08	2,27	2,09
2000	2,28	1,66	2,82	2,11	3,02	2,62	2,59	2,38
2001	2,21	1,92	2,41	1,90	2,46	2,07	2,29	2,05
2002	2,27	1,80	2,33	1,81	2,12	1,65	2,49	1,76
2003	2,98	2,11	2,89	2,01	3,06	2,22	3,27	2,21
2004	2,18	1,54	2,15	1,49	2,03	1,61	2,20	1,44
2005	1,05	1,08	1,24	1,15	1,05	1,10	1,55	0,94
2006	1,08	0,82	0,81	0,88	0,87	0,58	0,67	0,54
2007	1,98	1,56	2,27	1,57	2,27	1,77	2,11	1,56
2008	1,94	1,62	1,91	1,66	1,81	1,57	1,80	1,59
2009	1,04	1,44	1,44	1,25	1,34	1,13	1,30	1,00
2010	0,13	0,11	0,13	0,12	0,11	0,09	1,20	1,30
2011	1,85	1,98	1,98	1,90	1,78	1,85	2,22	1,62
2012	0,74	0,81	0,55	0,77	0,57	0,67	0,56	0,67
2013	0,88	0,96	0,79	0,88	0,72	0,92	0,72	0,83
2014	0,56	0,75	0,63	0,92	0,68	0,84	0,55	0,86
2015	0,26	0,26	0,22	0,28	0,22	0,24	0,21	0,25
2016	1,02	0,95	1,05	0,92	0,95	0,94	1,11	1,00
2017	3,19	2,72	3,30	2,70	-	-	3,66	2,90
2018	0,48	0,61	0,50	0,55	0,45	0,61	0,41	0,43
2019	1,54	1,33	1,53	1,37	-	-	1,26	1,05
2020	1,27	1,15	1,32	1,19	-	-	1,05	0,95
2021	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	3,36	3,05	3,14	3,39	-	-	3,04	3,02
2023	1,06	0,82	1,34	0,98	-	-	1,29	1,10
Среднее	1,65	1,43	1,72	1,48	1,61	1,37	1,69	1,44
Отклонение	±1,004	±0,813	±1,012	±0,821	±1,015	±0,787	±0,975	±0,791
НСР А = 0,04 НСР В = 0,06 НСР АВ = 0,06								

Вторая группа включает 7 засушливых лет: 1993, 1999, 2006-2008, 2019, 2023, при ГТК = 0,6-0,8 единиц.

Третья группа незначительно засушливых лет состоит из 7: 1994, 1997, 2000, 2003, 2013, 2022, при ГТК = 0,8 и более единиц. В очень засушливые годы отмечается заметное снижение урожайности ячменя в сравнении со среднеголетними данными. Так, в зависимости от набора культур сидерального севооборота снижение урожайности ячменя, составило 0,46 т при вхождении кукурузы на силос, 0,42 т с просом, 0,40 т с сорго на силос, 0,37 с горохом. В острозасушливые годы положительное последствие на урожайность ячменя отмечается в сидеральном севообороте с горохом, где культура гороха высевается дважды. Первый раз горох высевается в качестве сидерата в паровом поле, второй – в виде основной культуры севооборота.

Возделывание гороха в шестипольных севооборотах положительно влияет на почвенное плодородие, тем самым способствует уверенному развитию последующей культуры ячменя и увеличению его урожайности. При ГТК более 0,8 единиц урожайность ячменя увеличивается за счёт создания благоприятных условий. В благоприятные годы урожайность ячменя увеличивается по отношению к среднеголетним данным на 0,78 т в севообороте с кукурузой на силос, на 0,74 – с просом и сорго на силос и на 0,75 т с 1 га – с горохом. Возделывание ячменя в очень засушливые годы с использованием минеральных удобрений в севообороте с кукурузой на силос приводит к снижению урожайности культуры. В очень засушливые годы урожайность ячменя в этом варианте имеет самое низкое значение – 1,08 т с 1 га. Ежегодное внесение минеральных удобрений в сидеральном севообороте с горохом способствует

увеличению урожайности ячменя на 0,21 т с 1 га в острозасушливые годы, в сравнении с полученной в варианте А₁В₁ (севооборот с кукурузой на силос). При увеличении влажности почвы и воздуха, уменьшении количества засушливых дней в период вегетации культуры возрастает урожайность ячменя. Так, в севообороте с просом в годы с незначительной засушливостью, средняя за 6 лет урожайность ячменя

составила на удобренном фоне 2,53 т, на неудобренном – 2,15 т с 1 га. На рисунке 1 наглядно видно преимущество возделывания ячменя в сидеральных севооборотах с просом и горохом. Особенно данный факт имеет значение при выращивании культуры в очень засушливые годы для принятия определённых технологических решений.

Таблица 3. Урожайность ячменя при возделывании в севооборотах с сидеральным паром на двух фонах питания в среднем по годам засушливости вегетационного периода за 1993-2023 годы, т с 1 га

Группировка лет по засушливости вегетационного периода	Фон питания	Севооборот : пар сидеральный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница			
		кукуруза на силос-яровая мягкая пшеница-ячмень, В ₁	просо-яровая мягкая пшеница-ячмень, В ₂	сorgho на силос – яровая мягкая пшеница-ячмень, В ₃	горох-яровая мягкая пшеница-ячмень, В ₄
Очень засушливые годы (ГТК = 0,6 и менее) Среднее за 18 лет (1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009-2012, 2014-2018, 2020, 2021)	A ₁	1,08	1,25	1,14	1,29
	A ₂	1,09	1,11	1,04	1,09
	средняя	1,08	1,18	1,09	1,19
Засушливые годы (ГТК = 0,6-0,8). Среднее за 7 лет (1993, 1999, 2006-2008, 2019, 2023)	A ₁	1,62	1,81	1,94	1,62
	A ₂	1,34	1,49	1,51	1,36
	средняя	1,48	1,65	1,72	1,49
Незначительно засушливые годы ГТК=0,8 и более единиц). Среднее за 6 лет (1994, 1997, 2000, 2003, 2013, 2022)	A ₁	2,59	2,53	2,45	2,47
	A ₂	2,06	2,15	2,02	2,16
	средняя	2,32	2,34	2,23	2,31
Среднее за 1993-2023 годы	A ₁	1,65±1,004	1,72±1,012	1,61±1,015	1,69±0,975
	A ₂	1,43±0,813	1,48±0,821	1,37±0,787	1,44±0,791
		1,54	1,60	1,49	1,56
НСР ₀₅ по фактору	A	0,04			
	B	0,06			
	AB	0,06			

Примечание: A₁ – удобренный фон, A₂ – неудобренный фон, В_{1,2,3,4} – севообороты

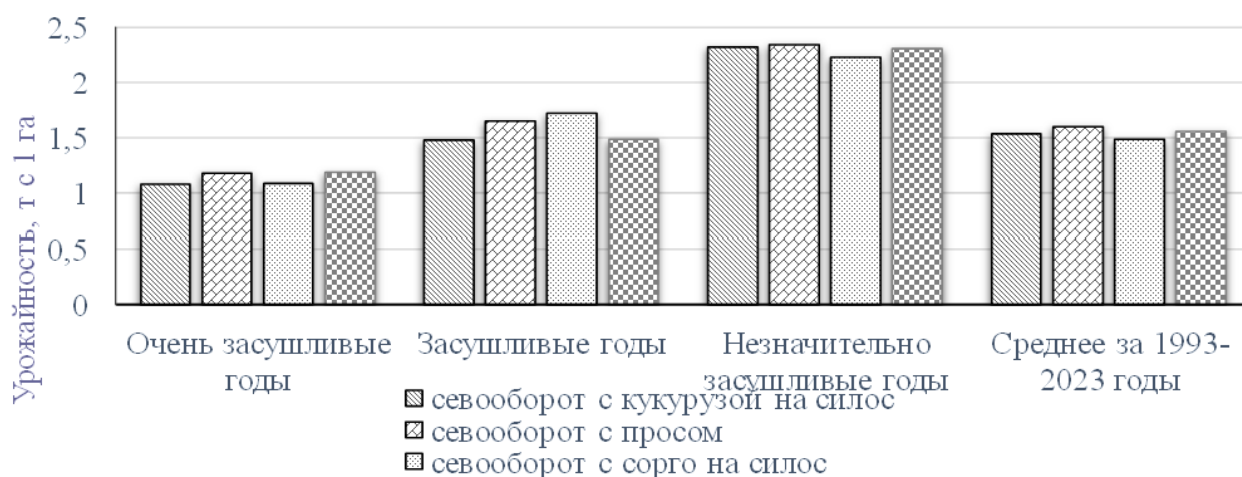


Рис. 1. Уровень урожайности ячменя в сидеральных севооборотах в различные по засушливости годы

В таблице 4 представлена зависимость урожайности ячменя при возделывании в севооборотах с сидеральным паром от показателя гидротермического коэффициента вегетационного периода на двух фонах с почвенного питания. В варианте возделывания ячменя в сидеральном севообороте с

кукурузой на силос установлена зависимость урожайности культуры от показателя ГТК и составляет при применении удобрений $r = 0,52$, без удобрения $r = 0,42$. В севообороте с просом взаимосвязь урожайности с показателем ГТК составила на удобренном фоне $r = 0,53$, на неудобренном- $r = 0,48$.

Таблица 4. Зависимость урожайности ячменя при возделывании в севооборотах с сидеральным паром на двух агрофонах от показателя ГТК вегетационного периода

Вариант	N=30	Бетта β	Стд. ош. β	B	Стд. ош. B	t(28)	P-уров.	Результат
A ₁ B ₁	св.член	-	-	0,702	0,335	2,09	0,0452	R=0,52 F=(1,28)=10,4 p<0,0031
	ГТК за вегетацию	0,520	0,161	1,603	0,496	3,22	0,0031	
A ₂ B ₁	св.член	-	-	0,814	0,288	2,81	0,0087	R=0,42 F=(1,28)=5,9 p<0,0216
	ГТК за вегетацию	0,417	0,171	1,042	0,428	2,43	0,0216	
A ₁ B ₂	св.член	-	-	0,735	0,334	2,20	0,0361	R=0,53 F=(1,28)=11,2 p<0,0023
	ГТК за вегетацию	0,534	0,159	1,658	0,495	3,34	0,023	
A ₂ B ₂	св.член	-	-	0,756	0,280	2,69	0,011	R=0,48 F=(1,28)=8,5 p<0,006
	ГТК за вегетацию	0,483	0,165	1,217	0,416	2,92	0,006	
A ₁ B ₃	св.член	-	-	0,615	0,329	1,87	0,0717	R=0,57 F=(1,28)=13,6 p<0,0009
	ГТК за вегетацию	0,572	0,154	1,801	0,487	3,69	0,0009	
A ₂ B ₃	св.член	-	-	0,625	0,269	2,31	0,078	R=0,54 F=(1,28)=11,9 p<0,0017
	ГТК за вегетацию	0,546	0,158	1,381	0,399	3,45	0,0017	
A ₁ B ₄	св.член	-	-	0,792	0,329	2,40	0,0229	R=0,50 F=(1,28)=9,5 p<0,0045
	ГТК за вегетацию	0,503	0,163	1,505	0,488	3,08	0,0045	
A ₂ B ₄	св.член	-	-	0,727	0,268	2,71	0,0113	R=0,49 F=(1,28)=9,1 p<0,0053
	ГТК за вегетацию	0,495	0,164	1,202	0,397	3,02	0,0053	

Примечание: A₁ – удобрённый фон, A₂ – неудо́бренный фон, B₁ – севооборот с кукурузой на силос, B₂ – севооборот с просом, B₃ – севооборот с сорго на силос, B₄ – севооборот с горохом.

Обсуждение

Гидротермический коэффициент, отражающий соотношение тепла и осадков, влияет на более точный прогноз урожайности возделываемой культуры [21].

Установление причинно-следственных связей между гидротермическими условиями среды и продуктивностью зерновых культур – одно из важнейших условий повышения эффективности агротехнологических приёмов. В институте семеноводства и агротехнологий (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) Рязанской области Леваковой О.В. установлена взаимосвязь между элементами структуры урожая ячменя, и в условиях жёсткой засухи (ГТК = 0,58...0,70) выявлена наибольшая положительная корреляционная связь урожайности с длиной колоса ($r = 0,28$) [22].

Учёными Пермского НИИСХ проведён статистический анализ данных за 12 лет исследований возделывания ярового ячменя в условиях Среднего Предуралья и выявлены зависимости урожайности культуры от гидротермических условий вегетации по двум фонам (N₆₀P₃₀K₆₀ и без удобрения)

минерального питания, составляющие на удобренном фоне в мае 84,56 %, на неудо́бренном в июне – 77,89 % [23].

Заключение

Неблагоприятные погодные условия, выражающиеся в сильной засухливости вегетационного периода, приводят к снижению продуктивности зернофуражных культур, в частности ярового ячменя. Снижение урожайности в сильно засушливые годы в условиях степной зоны Южного Урала составляет в сидеральных севооборотах 0,37...0,46 т с 1 га. Применение минеральных удобрений в остро́засушливые годы при ГТК менее 0,6 единиц приводит к снижению урожайности ячменя. Сидеральные пары пополняют почву органическим веществом, что создаёт благоприятный фон для возделывания культур в севообороте. Проведённый статистический анализ за 31 год исследований подтверждает зависимость урожайности ячменя от гидротермических условий вегетации и влияния севооборота в целом ($r = 0,42...0,57$).

Литература

1. Скороходов В. Ю. Влияние предшественников и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте с короткой ротацией и при бессменном возделывании на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В сборнике: Региональная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов. Сборник материалов. Администрация Оренбургской области. 2004. С. 99-100.
2. Фомин Д. С., Яркова Н. Н., Полякова С. С. Урожайность ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий в условиях Среднего Предуралья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. 23(6). 852-859. doi: 10/30766/2072-9081/2022/23/6852-859
3. Прядун Ю. П., Шаталина Л. П. Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя в южной лесостепи Южного Урала // Аграрный вестник Урал. 2022. № 05(220). С. 12-20. doi: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-12-20

4. Оленин О. А., Зудилин С. Н. Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3. (218). С. 13-23. doi: 10.324.17/1997-4868-2022-218-03-13-23
5. Агротехнологическая оценка возделывания ярового ячменя в условиях Среднего Урала / П. А. Постников, Н. В. Масленина, О.В. Васина и др. // Вестник НГАУ. 2023. № 2(67). С. 93-103.
6. Прокина Л. Н., Пугаев С. В. Использование макро- и микроудобрений в посевах ячменя в полевом севообороте на чернозёме выщелоченном //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. 24(3). 440-447. doi:10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447
7. Артемьев А. А., Гурьянов А. М. Эффективность технологий применения минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. 24(4). 636-645. doi: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.636-645
8. Скороходов В. Ю. Урожайность ячменя в шестипольных севооборотах на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. №5 (79). С. 93-97.
9. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Изменение питательного режима тёмно-серой лесной почвы в посевах ячменя при различных системах основной обработки //Земледелие. 2019. №5. С. 21-34. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10505
10. Бабунов А. Б., Бадин А. Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ярового ячменя Саншайн, а также вынос элементов питания // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. №8. С. 32-34. doi:10.244411/0235-2451-2018-10808.
11. Олехов В. Р., Тетерлев И. С. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и показатели качества зерна ячменя //Пермский аграрный вестник. 2019. № 4(28). С. 59-65.
12. Защита парового поля от эрозии на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Ю. В. Кафтан, В. Ю. Скороходов, А. А. Зоров и др. // В сборнике: Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в степной зоне Урала. Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Государственного научного учреждения «Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». Оренбург, 2012. С. 144-147.
13. Оптимизация севооборотов в условиях интенсификации биологических факторов в земледелии Центрально-Чернозёмного региона /В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, Н.А. Лопачёв и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 2. С. 33-34.
14. Сенчук Н. Н. Использование концепции биологизации земледелия в системе органического земледелия // Агробиология. 2017. №1(131). С. 61-68.
15. Управление плодородием почв на основе интенсификации биологических факторов в системах земледелия / В. Н. Маслов, Н. А. Березина, В. Т. Лобков и др. // Вестник аграрной науки. 2021. №3(90). С. 10-17. doi: 10.17238/issn 2587-666x.2021.3.10
16. Сорокин И. Б., Валетова Е. А. Влияние внесения соломы и сидерата на урожайность сельскохозяйственных культур в зернопаровом севообороте в течении 20 лет исследований // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири. Материалы международной научно-производственной конференции с международным участием. Красноярск, 2023. С. 287-292.
17. Ганеева Р. М., Таланов И. П. Влияние расчётных доз минеральных удобрений и приёмов обработки семян биопрепаратами на урожайность ячменя // Плодородие. 2020. №3(114). С. 52-54. doi: 10.25680/S19948603/2020.114.16
18. Тютюнов С. И. Комплексная оценка влияния многолетнего применения удобрений на основные показатели плодородия чернозёма типичного //Плодородие. 2021. №3(120). С. 45-48. doi:10.25680/S19948603.2021.120.07.
19. Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Глинушкин А. П. Продуктивность и фитосанитарное состояние беспаровых короткоротационных севооборотов и бессменных посевов на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. №2(30). С. 30-33.
20. Урожайность ячменя в шестипольных севооборотах и при бессменном возделывании на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Н. А. Максюттов, В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов, и др. //Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2015 № 2(39). С. 72-78.
21. Урожайность ячменя и плодородие дерново-подзолистой почвы Предуралья в зависимости от предшественников и минеральных удобрений / И. С. Тетерлёв, Д. С. Фомин, А. И. Косолапова и др. // Плодородие. 2015. №3. (84). С. 6-8.
22. Левакова О. В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. №. 23(3) С. 327-333. doi: 1030766/2072-9081.2022.23.3.327-333
23. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Урожайность зерна ячменя и её зависимость от минерального питания и гидротермических условий в период вегетации //Агрохимический вестник. 2019. №2. С. 33-38.

References

1. Skorokhodov V.Yu. Effect of forecrops and fertilizers on yield of agricultural crops in crop rotation with short rotation and with permanent cultivation on southern black soils of Orenburg Cis-Urals / In the collection: Regional scientific and practical conference of young scientists and specialists. Collection of materials. Government of Orenburg region. 2004. P. 99-100.

2. Fomin D. S., Yarkova N. N., Polyakova S. S. Yield of spring barley depending on hydrothermal conditions in the conditions of the Middle Cis-Urals // *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2022. No. 23 (6). P. 852-859. doi:10.30766/2072-9081/2022/23/6852-859
3. Pryadun Yu. P., Shatalina L. P. Results of ecological testing of spring barley varieties in the southern forest-steppe of the Southern Urals // *Agrarian Vestnik of the Urals*. 2022. No. 05 (220). P. 12-20. doi: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-12-20.
4. Olenin O. A., Zudilin S. N. Elements of organic technology for cultivating of spring barley in the forest-steppe of the Middle Volga region // *Agrarian Vestnik of the Urals*. 2022. No. 3 (218). P. 13-23. doi: 10.324.17/1997-4868-2022-218-03-13-23
5. Agrotechnological assessment of spring barley cultivation in the conditions of the Middle Urals / P. A. Postnikov, N.V. Maslenina, O.V. Vasina, et al. // *Vestnik of NSAU*. 2023. No. 2 (67). P. 93-103.
6. Prokina L. N., Pugaev S. V. Use of macro- and microfertilizers in barley crops in field crop rotation on leached black soil // *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2023. No.24 (3). P. 440-447. doi:10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447.
7. Artemyev A. A., Guryanov A. M. Efficiency of mineral fertilizer application technologies in spring barley cultivation in the forest-steppe of the Middle Volga region // *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2023. Vol. 24 (4). P. 636-645. doi:10.30766/2072-9081.2023.24.4.636-645.
8. Skorokhodov V. Yu. Barley yield in six-field crop rotations on southern black soils of the steppe zone of the Southern Urals // *Vestnik of Orenburg State Agrarian University*. 2019. No. 5 (79). P. 93-97.
9. Perfilyev N. V., Vyushina O. A. Changes in the nutrient regime of dark gray forest soil in barley crops under various primary cultivation systems // *Agriculture*. 2019. No. 5. P. 21-34. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10505.
10. Babunov A. B., Badin A. E. The effect of mineral fertilizers on the yield and quality of spring barley Sunshine, as well as the removal of nutrients // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018. Vol. 32. No. 8. P. 32-34. doi:10.244411/0235-2451-2018-10808.
11. Olekhov V. R., Teterlev I. S. Influence of forecrops and mineral fertilizers on yield and quality parameters of barley grain // *Perm Agrarian Vestnik*. 2019. No. 4 (28). P. 59-65.
12. Protection of fallow fields from erosion on southern black soils of Orenburg Cis-Urals / Yu. V. Kaftan, V. Yu. Skorokhodov, A. A. Zorov, et al. / In the collection: Improving the efficiency of agricultural production in the steppe zone of the Urals. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the State Scientific Institution "Orenburg Research Institute of Agriculture". Orenburg, 2012. P. 144-147.
13. Improvement of crop rotations in the conditions of intensification of biological factors in agriculture of the Central Black Soil Region / V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, N.A. Lopachev, et al. // *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2014. No. 2. P. 33-34.
14. Senchuk N. N. Using the concept of biologization of agriculture in the organic farming system // *Agrobiology*. 2017. No. 1 (131). P. 61-68.
15. Soil fertility management based on intensification of biological factors in farming systems / V. N. Maslov, N. A. Berezina, V. T. Lobkov, et al. // *Vestnik of Agrarian Science*. 2021. No. 3 (90). P. 10-17. doi: 10.17238 / issn 2587-666x.2021.3.10.
16. Sorokin I. B., Valetova E. A. The effect of straw and green manure application on crop yields in grain-fallow crop rotation over 20 years of research / In the collection: Modern problems and prospects for development of agrochemistry, agriculture and related sciences on soil fertility and productivity of field crops in Siberia. Proceedings of the International Scientific and Production Conference with International Participation. Krasnoyarsk, 2023. P. 287-292.
17. Ganeeva R. M., Talanov I. P. The influence of calculated doses of mineral fertilizers and methods of seed treatment with biopreparations on barley yield // *Soil Fertility*. 2020. No. 3 (114). P. 52-54. doi: 10.25680 / S19948603 / 2020.114.16.
18. Tyutyunov S. I. Comprehensive assessment of the impact of long-term fertilizer usage on the main fertility parameters of typical black soil // *Soil Fertility*. 2021. No. 3 (120). P. 45-48. doi: 10.25680 / S19948603.2021.120.07.
19. Skorokhodov V. Yu., Zorov A. A., Glinushkin A. P. Productivity and phytosanitary condition of short-rotation crop rotations and permanent crops on southern black soils of the Orenburg Cis-Urals // *News of Orenburg State Agrarian University*. 2011. No. 2 (30). P. 30-33.
- 20 Barley yield in six-field crop rotations and in continuous cultivation on southern chernozems of the Orenburg Cis-Urals / N.A. Maksyutov, V.M. Zhdanov, V.Yu. Skorokhodov, et al. // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2015. No. 2(39). P. 72-78.21.
- Barley yield and fertility of sod-podzolic soil of the Cis-Urals depending on forecrops and mineral fertilizers / I. S. Teterlev, D. S. Fomin, A. I. Kosolapova, et al. // *Soil Fertility*. 2015. No. 3 (84). P. 6-8.
22. Levakova O.V. Variability of elements of the spring barley yield structure depending on hydrothermal conditions of vegetation. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2022. No. 23 (3). P. 327-333. doi:1030766/2072-9081.2022.23.3.327-333
23. Pasyunkov A. V., Pasyunkova E. N. Barley grain yield and its dependence on mineral nutrition and hydrothermal conditions during the growing season // *Agrochemical Vestnik*. 2019. No. 2. P. 33-38.