ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УРОВНЕЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА ВЛАДИМИР В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

А.Н. ФИЛАТОВ¹, В.Н. МАЗУРОВ¹, В.К. ХРАМОЙ², Е.Р. АРЛАНЦЕВА²

¹ Калужский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха;
² РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужский филиал)

Обеспечение пивоваренной промышленности сырьем местного производства имеет важное значение как с экономической точки зрения, так и в плане импортозамещения. Селекционерами создаются пивоваренные сорта ячменя с пониженным содержанием белка, однако в производстве чаще используются универсальные сорта, сочетающие высокую урожайность со средними показателями содержания белка (11–12%). Для таких сортов необходимо разрабатывать технологические приемы получения урожая с заданными свойствами в зависимости от целей использования произведенной продукции. На показатели качества зерна ячменя и эффективность его производства значительное влияние оказывают минеральные удобрения и минимализация обработки почвы. В связи с этим нами изучено влияние минимальной обработки почвы на урожайность и качество зерна ярового ячменя сорта Владимир при двух уровнях минерального питания (без удобрений и полное минеральное удобрение – $N_{35}P_{40}K_{135}$) в полевом двухфакторном опыте, проведенном в 2018–2019 гг. на светло-серой лесной среднесуглинистой почве. Определяли урожайность и структуру урожая, содержание белка, крахмала, пленчатость зерна.

Установлено, что дефицит осадков в период кущение – колошение ячменя приводит к снижению урожайности зерна на 40,0–54,8% по сравнению с условиями повышенного увлажнения. При этом наблюдается повышение содержания белка в зерне на 1,4–1,7% и пленчатости зерна на 0,5–0,9%. Применение умеренных доз полного минерального удобрения обеспечивало, с одной стороны, повышение урожайности ячменя в среднем на 13,2% и содержания белка в зерне в среднем на 0,2%, с другой стороны, приводило к снижению пленчатости зерна на 0,2% и крахмалистости на 0,4–0,6%. Положительное влияние азотных удобрений на увеличение содержания белка в зерне ячменя было выше при минимальной обработке почвы. При минимальной обработке почвы независимо от уровня влагообеспеченности и уровня минерального питания наблюдалась тенденция снижения урожайности ячменя в среднем на 3,9% преимущественно за счет снижения густоты продуктивного стеблестоя. Наблюдалась также тенденция снижения содержания белка в зерне ячменя на 0,3% без применения полного минерального удобрения.

Ключевые слова: ячмень, удобрения, обработка почвы, урожайность, белок.

Введение

Зерно ячменя является ценным кормом для животных и лучшим сырьем для пивоварения [11, 13]. Требования к ячменю кормового и пивоваренного назначения значительно различаются по показателю «Содержание белка». Ценность кормового ячменя тем выше, чем выше содержание в нем белка. Согласно требованиям ГОСТа [4] пивоваренный ячмень должен иметь пониженное содержание белка (не более 12%). Урожайность и качество зерна ячменя зависят как от биологических, так и от природно-климатических и технологических факторов. Наибольшее влияние

на формирование урожайности и качества зерна ячменя оказывают сортовые особенности, уровень влагообеспеченности в течение вегетационного периода и уровень минерального питания [9, 14, 18]. Селекционерами создаются пивоваренные сорта ячменя с пониженным содержанием белка [8, 17]. Однако в производстве чаще используются универсальные сорта, сочетающие высокую урожайность со средними показателями содержания белка (11–12%). Для таких сортов важно разрабатывать технологические приемы получения урожая с заданными технологическими свойствами в зависимости от целей использования произведенной продукции.

Влияние влагообеспеченности на урожайность и качество зерна ячменя изучено достаточно детально. В частности, установлено, что в условиях Центрального Черноземья оптимальные условия для формирования высокого урожая зерна ячменя с пониженным содержанием белка создаются при ГТК > 1,2–1,3. При снижении уровня влагообеспеченности (ГТК < 1) содержание белка в зерне повышается [3]. По данным Н.Н. Новикова и Н.Е. Соловьева [15, 16], в условиях Нечерноземной зоны более кондиционное для пивоварения зерно формировалось при ГТК = 2,3. При снижении ГТК ниже 1,3 показатели не соответствовали требованиям ГОСТа.

Среди технологических приемов наибольшее влияние на содержание белка в зерне ячменя оказывают азотные удобрения. Многими исследованиями показано, что применение азотных удобрений в повышенных дозах приводит к повышению содержания белка сверх 12% даже у пивоваренных сортов ячменя [13, 15, 16]. Поэтому под пивоваренный ячмень рекомендуется применять пониженные дозы минерального азота – не более 60 кг/га. Фосфорные и калийные удобрения, напротив, усиливают накопление продуктов фотосинтеза, что способствует снижению содержания белка в зерне ячменя, поэтому при разработке системы удобрения пивоваренного ячменя необходимо планировать повышенный уровень питания этими элементами [15, 17, 20].

В последние годы в производство активно внедряются технологии минимальной обработки почвы и прямого посева зерновых культур, что обусловлено прежде всего экономическими и экологическими факторами. Большинство исследователей сходятся во мнении о том, что минимализация обработки почвы приводит к снижению минерализации органического вещества и накоплению гумуса в почве [6, 10]. В то же время влияние ресурсосберегающих технологий обработки почвы на урожайность и качество зерна ячменя в условиях Нечерноземной зоны изучено недостаточно, и данные являются противоречивыми. Так, по данным одних авторов, минимальная обработка почвы не оказывала влияния на урожайность ячменя [12], по данным других, она приводила к снижению урожайности ячменя [7].

Целью наших исследований было изучение влияния минимальной обработки почвы на урожайность и качество зерна ярового ячменя сорта Владимир при разных уровнях минерального питания в условиях Центрального района Нечерноземной зоны.

Методика исследований

Исследования проводились на базе Калужского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в 2018–2019 гг. Почва опытного участка светло-серая лесная, среднесуглинистая, хорошо окультуренная. Опыт двухфакторный. Фактор А – способы обработки почвы – включал в себя 2 варианта: 1. Традиционная отвальная обработка почвы («Вспашка»). 2. Минимальная поверхностная обработка почвы («Дискование»). В первом варианте применялась традиционная для региона обработка почвы: яблечая вспашка на глубину 22 см, ранневесеннее боронование,

предпосевная культивация комбинированным агрегатом на глубину 6–8 см. Во втором варианте осенью вместо вспашки проводилось дискование на глубину 15 см, весенние обработки были такими же, как и в первом варианте. Фактор В – уровни минерального питания: 1. Без применения удобрений. 2. Полное удобрение, рассчитанное на урожайность зерна 4,5 т/га ($N_{35}P_{40}K_{135}$).

Опыт заложен методом расщепленных делянок, повторность трехкратная, расположение делянок рендомизированное, площадь делянки – 240 м². Норма высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Учет урожая проводили по деляночно сплошным методом. Перед уборкой определяли структуру урожая. Статистическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа [5]. В зерне определяли содержание белка (по Барнштейну), содержание крахмала (по методу Линтнера), пленчатость (по методу Омарова, % на сухое вещество [2]). Анализ зерна проводили в лаборатории ФИЦ «Немчиновка».

Результаты и их обсуждение

Ячмень является самой скороспелой зерновой культурой. Он быстро проходит этапы органогенеза и поэтому чувствительно реагирует на отклонение условий произрастания от оптимальных. Критическим периодом по влагообеспеченности ячменя является период от выхода в трубку до колошения, когда идет формирование колоса и листовой поверхности. В этот короткий период (20–25 дней) ячмень расходует более 50% воды от общей потребности за вегетацию [18]. Слабогумусированные почвы Нечерноземной зоны не способны аккумулировать большие запасы влаги, поэтому уровень влагообеспеченности сельскохозяйственных культур в летний период здесь в значительной степени зависит от количества и динамики осадков [1].

В 2018 г. количество осадков, выпавших в течение вегетационного периода ячменя, было близким к климатической норме, но распределение их было неблагоприятным. В период с 21 мая по 30 июня выпало только 26 мм осадков, ГТК составил 0,5, что отрицательно сказалось на урожайности ячменя. При традиционной обработке урожайность ячменя составила на естественном агрофоне 2,56 т/га, на фоне полного минерального удобрения – 2,88 т/га (табл. 1). Отклонение от расчетной урожайности в варианте с удобрениями составило –36%.

В 2019 г. выпадение осадков тоже было неравномерным, но основное количество их пришлось на июнь (114,4 мм при норме 69,0 мм); ГТК в период «Выход в трубку-колошение ячменя» составил 1,95. Урожайность ячменя возросла по сравнению с 2018 г. на 40,0–54,8% и составила при традиционной обработке на естественном агрофоне 3,77 т/га, на фоне полного минерального удобрения – 4,28 т/га, что близко к расчетной (4,5 т/га). Увеличение урожайности происходило преимущественно за счет увеличения густоты продуктивного стеблестоя (табл. 2).

При минимальной обработке почвы независимо от уровня влагообеспеченности наблюдалась тенденция снижения урожайности ячменя как на естественном агрофоне, так и по фону с минеральными удобрениями, в среднем на 3,9%. Одной из причин этого может быть то, что при минимальной обработке почвы и прямом посеве снижается количество доступных растениям форм азота в связи с уменьшением минерализации органического вещества и увеличением содержания в почве гумуса, особенно в слое 10–20 см [6, 10]. Также минимальная обработка почвы оказывала отрицательное влияние на густоту продуктивных стеблей. Снижение составило на естественном агрофоне 4,0%, на фоне минерального удобрения – 8,5%. Это указывает на то, что дисковые орудия хуже разделяют почву, чем плуг, что в свою очередь приводит к ухудшению условий для прорастания семян и, как следствие,

к снижению густоты посевов. Следует отметить, что снижение густоты продуктивного стеблестоя при минимальной обработке компенсировалось некоторым увеличением числа и массы зерен в колосе.

Таблица 1

Урожайность зерна ячменя сорта Владимир в зависимости от способов обработки почвы и уровней минерального питания, т/га

Способы обработки почвы («А»)	Уровни минерального питания («В»)	2018 г. [19]	2019 г.	В среднем
1. Вспашка	без удобрений	2,56	3,77	3,16
	N ₃₅ P ₄₀ K ₁₃₅	2,88	4,28	3,58
2. Дискование	без удобрений	2,54	3,53	3,04
	N ₃₅ P ₄₀ K ₁₃₅	2,70	4,18	3,44
Среднее по фактору «А»	Вспашка	2,72	4,02	3,37
	Дискование	2,62	3,86	3,24
Среднее по фактору «В»	без удобрений	2,55	3,65	3,10
	N ₃₅ P ₄₀ K ₁₃₅	2,79	4,23	3,51
НСР ₀₅ : дел. 1 порядка – «А» (для частных средних)		0,28	0,17	
НСР ₀₅ : дел. 2 порядка – «В» (для частных средних)		0,22	0,42	
НСР ₀₅ : фактор «А» (для средних)		0,25	0,15	
НСР ₀₅ : фактор «В» (для средних)		0,17	0,31	

Полное минеральное удобрение обеспечивало достоверное увеличение урожайности ячменя. В среднем за годы исследований она возросла по сравнению с естественным агрофоном при отвальной системе обработки почвы на 13,3%, при минимальной обработке почвы на – 13,1%.

Анализ структуры урожая показывает, что повышение урожайности в вариантах с удобрениями происходило за счет увеличения густоты продуктивных стеблей. При классической отвальной обработке почвы густота продуктивных стеблей возросла на 14,3%, при минимальной дисковой обработке – на 9,0%. Влияние применяемых в опыте доз минеральных удобрений на другие показатели структуры урожая ячменя было несущественным.

Содержание белка в зерне ячменя в значительной степени зависело от условий увлажнения. В 2018 г. в условиях недостаточного увлажнения во всех вариантах опыта оно превышало допустимый для пивоваренного ячменя уровень в 12%, в то время как в 2019 г., в условиях повышенного увлажнения, оно было ниже 12% (табл. 3). При внесении азотных удобрений в дозе 35 кг/га на фоне оптимальной обеспеченности фосфором и калием наблюдалась тенденция повышения содержания белка

независимо от уровня влагообеспеченности. В среднем по вариантам опыта за два года оно составило 0,2%. Влияние азотных удобрений на содержание белка в зерне ячменя было выше при минимальной обработке почвы. Так, в среднем за два года увеличение содержания белка при отвальной системе обработки почвы составило 0,1%, а при минимальной – 0,4%. Сама же минимальная обработка способствовала снижению содержания белка в ячмене по сравнению с классической обработкой на естественном агрофоне в среднем на 0,4%, а на фоне азотных удобрений – на 0,1%. Это также косвенно свидетельствует о том, что при минимальной обработке почвы без применения азотных удобрений снижается уровень обеспеченности растений азотом в сравнении с классической отвальной обработкой по причине меньшей минерализации органического вещества.

Таблица 2

Показатели структуры урожая ячменя сорта Владимир в зависимости от способов обработки почвы и уровней минерального питания

Показатель	Способы обработки почвы (фактор «А»)	Уровни минерального питания (фактор «В»)					
		2018 г.		2019 г.		В среднем за 2 года	
		без удобрений	NPK	без удобрений	NPK	без удобрений	NPK
Число продуктивных стеблей, шт/м ²	1. Вспашка	299±7,04	350±16,87	443±31,44	498±32,15	371	424
	2. Дискование	301±22,40	323±28,58	411±12,03	453±7,85	356	388
	Среднее по фактору «А»	300	336	427	476	364	403
Высота растений, см	1. Вспашка	59±1,89	62±4,11	56±3,40	61±0,47	58	59
	2. Дискование	60±3,30	62±0,47	57±1,70	59±1,89	58	60
	Среднее по фактору «А»	60	62	56	60	58	60
Число зерен в колосе, шт.	1. Вспашка	15,0±0,62	14,6±0,83	15,0±0,09	14,8±1,13	15,0	14,7
	2. Дискование	15,2±0,57	15,0±0,49	15,3±1,04	16,1±0,09	15,2	15,6
	Среднее по фактору «А»	15,1	14,8	15,2	15,4	15,1	15,2
Масса зерен в колосе, г	1. Вспашка	0,85±0,02	0,82±0,01	0,84±0,02	0,86±0,06	0,84	0,84
	2. Дискование	0,84±0,04	0,84±0,00	0,86±0,06	0,92±0,01	0,85	0,87
	Среднее по фактору «А»	0,84	0,83	0,85	0,89	0,84	0,85

Показатели качества зерна ячменя сорта Владимир в зависимости от способов обработки почвы и уровней минерального питания, % СВ

Показатель	Способы обработки почвы (фактор «А»)	Уровни минерального питания (фактор «В»)					
		2018 г. [19]		2019 г.		В среднем	
		без удобрений	NPК	без удобрений	NPК	без удобрений	NPК
Содержание белка	1. Вспашка	12,7	12,6	10,8	11,2	11,8	11,9
	2. Дискование	12,2	12,7	10,7	11,0	11,4	11,8
	В среднем	12,4	12,6	10,8	11,1	11,6	11,8
Содержание крахмала	1. Вспашка	51,7	50,8	48,6	48,3	50,2	49,6
	2. Дискование	51,4	51,1	48,6	48,2	50,0	49,6
	В среднем	51,6	51,0	48,6	48,2	50,1	49,6
Пленчатость	1. Вспашка	8,6	8,1	7,6	7,8	8,1	8,0
	2. Дискование	8,7	8,4	7,8	7,6	8,2	8,0
	В среднем	8,6	8,2	7,7	7,7	8,2	8,0

Более высокое содержание крахмала в зерне ячменя было в условиях пониженного увлажнения и составило 50,8–51,7%, при повышенном увлажнении оно снизилось по вариантам опыта на 2,1–3,1%. Азотные удобрения также способствовали снижению содержания крахмала: в среднем за два года снижение составило по отвальной обработке 0,4%, по минимальной – 0,6%. Влияние минимальной обработки на этот показатель по годам исследований было разнонаправленным, что не позволяет выявить четкую тенденцию.

Важным показателем для пивоваренного ячменя является пленчатость. В условиях повышенного увлажнения происходило снижение пленчатости зерна по сравнению с условиями пониженного увлажнения на 0,3–1,1%. Применение полного минерального удобрения приводило к снижению пленчатости только в условиях пониженного уровня увлажнения. Минимальная обработка почвы, напротив, в условиях пониженного увлажнения способствовала увеличению пленчатости.

Выводы

1. Сорт ячменя Владимир чувствительно реагирует на низкий уровень влагообеспеченности в начале вегетации. При возделывании его на серой лесной почве дефицит осадков в период «Кущение-колошение» приводил к снижению урожайности зерна на 40,0–54,8%, а также к повышению содержания белка в зерне на 1,4–1,7% (до 12,2–12,5%) и увеличению пленчатости зерна на 0,5–0,9%.

2. Применение умеренных доз полного минерального удобрения ($N_{35}P_{40}K_{85}$) обеспечивало, с одной стороны, повышение урожайности зерна ячменя в среднем

на 13,2% и содержания белка в зерне в среднем на 0,1%, а с другой стороны, приводило к снижению пленчатости зерна на 0,2% и крахмалистости на 0,4–0,6%.

3. При применении минимальной обработки почвы под ячмень наблюдалась тенденция снижения урожайности зерна (в среднем на 3,9%) независимо от уровня влагообеспеченности и уровня минерального питания. Снижение урожайности происходило преимущественно за счет уменьшения густоты продуктивного стеблестоя. Также минимальная обработка почвы приводила к снижению содержания белка в зерне.

Библиографический список

1. Арланцева Е.Р. Агроэкологическая оценка погодных условий для моделирования продукционных процессов озимой пшеницы / Е.Р. Арланцева, В.К. Храмой // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 5. – С. 67–76.

2. Беркутова Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна / Н.С. Беркутова. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.

3. Варламов В.А. Влияние полнокомпонентного удобрения на качество зерна ярового ячменя и солода / В.А. Варламов, Е.Н. Варламова // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 4. – С. 5–10.

4. ГОСТ 5060–86. Ячмень пивоваренный. Технические условия. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Изд. 5-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Дридигера В.К. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева / В.К. Дридигера, А.Л. Иванов, В.П. Белобров, О.В. Кутовая // Почвоведение. – 2020. – № 9. – С. 1111–1120.

7. Зеленин И.Н. Влияние агротехнических факторов на продуктивность культур в короткоротационном зернопаровом севообороте / И.Н. Зеленин, А.А. Курочкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 17–20.

8. Калмыкова Е.В. Влияние сортов пивоваренного ячменя на качество пива / Е.В. Калмыкова, Е.Н. Ефремова, А. Хоссаин // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 4 (16). – С. 52–55.

9. Капранов В.Н. Эффективность новых комплексных органо-минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя на срой лесной почве / В.Н. Капранов, А.Н. Ратников, Д.Г. Свириденко, В.К. Храмой, А.Н. Филатов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 3. – С. 19–22.

10. Комиссарова М.А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии / М.А. Комиссарова, А. Клик // Почвоведение. – 2020. – № 4. – С. 473–482.

11. Мазуров И.Н. Использование зерновых культур и бобово-злаковых зерносмесей на корм скоту в условиях Калужской области / И.Н. Мазуров, В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 123–125.

12. Манишкин С.Г. Действие почвозащитных технологий обработки почвы на показатели плодородия и урожайность полевых культур на склоновых землях: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2006. – 17 с.

13. Мельникова О.В. Пивоваренные качества зерна и солода ярового ячменя при разных уровнях минерального питания / О.В. Мельникова, В.В. Ториков // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 2. – С. 54–57.

14. Новиков Н.Н. Формирование пивоваренных свойств зерна ячменя сорта Михайловский в зависимости от азотного питания при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве / Н.Н. Новиков, А.Г. Мякинков, Р.В. Сычѳв // Известия ТСХА. – 2009. – № 3. – С. 65–73.

15. Новиков Н.Н. Влияние режима питания и фиторегуляторов (новосил, эпин) на качество зерна и состав белков пивоваренного ячменя при выращивании на дерново-подзолистой почве / Н.Н. Новиков, Н.Е. Соловьѳва // Известия ТСХА. – 2019. – № 3. – С. 5–18.

16. Новиков Н.Н. Формирование пивоваренных свойств зерна ячменя в зависимости от режима питания и применения фиторегуляторов при выращивании на дерново-подзолистой почве / Н.Н. Новиков, Н.Е. Соловьѳва // Известия ТСХА. – 2020. – № 2. – С. 5–19.

17. Пасынков А.В. Урожайность и пивоваренные качества различных сортов ячменя в зависимости от доз и соотношения азотных и калийных удобрений / А.В. Пасынков // Агрохимия. – 2002. – № 7. – С. 25–31.

18. Федотов В.А. Пивоваренный ячмень в Центральном Черноземье / В.А. Федотов, С.В. Гончаров, А.Н. Рубцов. – М.: Редакция Международного сельскохозяйственного журнала, 2004. – 120 с.

19. Филатов А.Н. Влияние различных приемов обработки почвы на качество продукции растениеводства / А.Н. Филатов, М.А. Кузьмич, Л.С. Кузьмич // Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона: Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием; Под ред. В.Н. Мазурова. – Место издания, 2019. – С. 106–113.

20. Abeledo L.G. Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley / L.G. Abeledo, D.F. Calderini, G.A. Slafer // Euphytica. – 2003. – Vol. 133. – P. 291–298.

Авторы выражают благодарность руководству Федерального исследовательского центра «Немчиновка» за оказанную помощь в проведении анализа зерна ячменя.

EFFECT OF TILLAGE METHODS AND LEVELS
OF MINERAL NUTRITION ON YIELD AND GRAIN QUALITY
OF THE “VLADIMIR” SPRING BARLEY VARIETY
IN THE CENTRAL REGION OF THE NON-CHERNOZEM ZONE

A.N. FILATOV¹, V.N. MAZUROV¹, V.K. KHRAMOY², E.R. ARLANTSEVA²

(¹ Kaluga Research Agriculture Institute, Branch of Russian Potato Research Centre),

² Russian Timiryazev State Agrarian University, Kaluga Branch)

Providing the brewing industry with locally produced raw materials is important both from an economic point of view and in terms of import substitution. Breeders create brewing barley varieties with a reduced protein content, however, in production they often use universal varieties that combine high yields with an average protein content of 11–12%. For such varieties, it is necessary to develop technological methods for obtaining a crop with specified properties, depending on the purposes of using the products. The quality indicators of barley grain and the efficiency of its production are significantly influenced by mineral fertilizers and the minimization of soil cultivation. In this regard, the authors studied the effect of minimal tillage on the yield and grain quality of spring barley of the Vladimir variety at two levels of mineral nutrition (without fertilizers

and with full supply of mineral fertilizer – $N_{35}P_{40}K_{135}$) in a two-factor field experiment carried out in 2018–2019 on the medium-loamy light gray forest soil. The experiment helped determine the yield and structure of the crop, the content of protein, starch, and grain hoodness (hull content). It was found that the lack of precipitation during the barley tillering – heading period leads to a decrease in grain yield by 40.0–54.8% as compared with the conditions of increased moisturizing. At the same time, there was an increase in the grain protein content by 1.4–1.7% and the grain filminess by 0.5–0.9%.

The use of moderate rates of complete mineral fertilizer ($N_{35}P_{40}K_{85}$) led to an increase in the barley yield by an average of 13.2% and the grain protein content by an average of 0.2%. On the other hand, it led to a decrease in the grain filminess by 0.2% and starch content by 0.4–0.6%. The positive effect of nitrogen fertilizers on the increase in protein content in barley grain was higher under minimal tillage.

Under minimal tillage, regardless of the level of moisture supply and mineral nutrition, there was a tendency towards a decrease in the barley yield by an average of 3.9%, mainly due to a decrease in the density of the productive stalk. There was also a tendency towards a decrease in the protein content in the barley grain – by 0.3% – when no complete mineral fertilizer was used.

Key words: barley, fertilizers, tillage, yield, protein.

References

1. Arlantseva E.R., Khramoy V.K. Agroekologicheskaya otsenka pogodnykh usloviy dlya modelirovaniya produktsionnykh protsessov ozimoy pshenitsy [Agroecological assessment of weather conditions for modeling the production processes of winter wheat] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019; 5: 67–76. (In Rus.)
2. Berkutova N.S. Metody otsenki i formirovanie kachestva zerna [Assessment methods and grain quality formation]. – M.: Rosagropromizdat. 1991: 206. (In Rus.)
3. Varlamov V.A., Varlamova E.N. Vliyanie polnokomponentnogo udobreniya na kachestvo zerna yarovogo yachmenya i soloda [Influence of full-component fertilization on the quality of spring barley grain and malt] // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. 2016; 4: 5–10. (In Rus.)
4. GOST 5060–86 Yachmen' pivovarenniy. Tekhnicheskiye usloviya. Izdanie ofitsial'noe [Malting barley. Technical conditions. Official edition]. – M.: Standartinform. 2010: 16. (In Rus.)
5. Dospekhov B.A. “Metodika polevogo opyta” izdanie pyatoe, dopolnennoe i pererabotannoe [Methodology of field experiments. Fifth edition – reviewed and extended. M.: Agropromizdat]. 1985: 351. (In Rus.)
6. Dridigera V.K., Ivanov A.L., Belobrov V.P., Kutovaya O.V. Vosstanovlenie svoystv pochv v tekhnologii pryamogo poseva [Restoration of soil properties in direct sowing technology] // Pochvovedenie. 2020; 9: 1111–1120. (In Rus.)
7. Zelenin I.N., Kurochkin A.A. Vliyanie agrotekhnicheskikh faktorov na produktivnost' kul'tur v korotkorotatsionnom zernoparovom sevooborote [Effect of agrotechnical factors on crop productivity in short-rotation grain-steam crop rotation] // Vestnik Ul'yanskovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2012; 3: 17–20. (In Rus.)
8. Kalmykova Ye.V., Efremova Ye.N., Khossain A. Vliyanie sortov pivovarenno-go yachmenya na kachestvo piva [Influence of malting barley varieties on the quality of beer] // Vestnik APK Stavropol'ya. 2014; 4(16): 52–55. (In Rus.)
9. Kapranov V.N., Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Khramoy V.K., Filatov A.N. Effektivnost' novykh kompleksnykh organo-mineral'nykh udobreniy pri vzdelyvanii yarovogo yachmenya na sroy lesnoy pochve [Effectiveness of new complex organo-mineral

- fertilizers in the cultivation of spring barley on the soggy forest soil] // Problemy agrokhimii i ekologii. 2012; 3: 19–22. (In Rus.)
10. *Komissarova M.A., Klik A.* Vliyanie nulevoy, minimal'noy i klassicheskoy obrabotok na eroziyu i svoystva pochv v Nizhney Avstrii [Effects of zero, minimal and classical tillage on soil erosion and soil properties in Lower Austria] // Pochvovedenie. 2020; 4: 473–482. (In Rus.)
11. *Mazurov I.N., Lukashov V.N., Isakov A.N.* Ispol'zovanie zernovykh kul'tur i bobovo-zlakovykh zernosmesey na korm skotu v usloviyakh Kaluzhskoy oblasti [Use of grain crops and legume-cereal grain mixtures for feeding livestock in the Kaluga region] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2013; 2 (6): 123–125. (In Rus.)
12. *Manishkin S.G.* Deystvie pochvozashchitnykh tekhnologiy obrabotki pochvy na pokazateli plodorodiya i urozhaynost' polevykh kul'tur na sklonovykh zemlyakh [Effect of soil protecting cultivation technologies on the fertility and productivity indicators of field crops on slope lands] // Self-review of PhD (Ag) thesis. – M. 2006: 17. (In Rus.)
13. *Mel'nikova O.V., Torikov V.V.* Pivovarennyye kachestva zerna i soloda yarovogo yachmenya pri raznykh urovnyakh mineral'nogo pitaniya [Brewing qualities of grain and malt of spring barley at different levels of mineral nutrition] // Problemy agrokhimii i ekologii. 2011; 2: 54–57. (In Rus.)
14. *Novikov N.N., Myakin'kov A.G., Sychov R.V.* Formirovanie pivovarennykh svoystv zerna yachmenya sorta Mikhaylovskiy v zavisimosti ot azotnogo pitaniya pri vyrashchivaniy na dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve [Formation of brewing properties of barley grain of the Mikhailovsky variety depending on nitrogen nutrition when grown on the sod-podzolic medium loamy soil] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2009; 3: 65–73. (In Rus.)
15. *Novikov N.N., Solov'yeva N.E.* Vliyanie rezhima pitaniya i fitoregulyatorov (novosil, epin) na kachestvo zerna i sostav belkov pivovarennogo yachmenya pri vyrashchivaniy na dernovo-podzolistoy pochve [Influence of diet and phyto regulators (novosil, epin) on the grain quality and protein composition of malting barley when grown on the sod-podzolic soil] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019; 3: 5–18. (In Rus.)
16. *Novikov N.N., Solov'yeva N.E.* Formirovanie pivovarennykh svoystv zerna yachmenya v zavisimosti ot rezhima pitaniya i primeneniya fitoregulyatorov pri vyrashchivaniy na dernovo-podzolistoy pochve [Formation of the brewing properties of barley grain depending on the diet and the use of phyto regulators when growing on the sod-podzolic soil] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020; 2: 5–19. (In Rus.)
17. *Pasynkov A.V.* Urozhaynost' i pivovarennyye kachestva razlichnykh sortov yachmenya v zavisimosti ot doz i sootnosheniya azotnykh i kaliynykh udobreniy [Productivity and brewing qualities of various varieties of barley depending on the application rates and ratio of nitrogen and potassium fertilizers] // Agrokhimiya. 2002; 7: 25–31. (In Rus.)
18. *Fedotov V.A., Goncharov S.V., Rubtsov A.N.* Pivovarenniy yachmen' v Tsentral'nom Chernozemye [Malting barley in the Central Black Earth Region]. – M.: Redaktsiya "Mezhdunarodnogo sel'skokhozyaystvennogo zhurnala". 2004: 120. (In Rus.)
19. *Filatov A.N., Kuz'mich M.A., Kuz'mich L.S.* Vliyanie razlichnykh priyemov obrabotki pochvy na kachestvo produktsii rastenievodstva [Effect of various methods of soil cultivation on the quality of crop products] // In: Innovatsionnyye razrabotki dlya razvitiya otrasley sel'skogo khozyaystva regiona. Sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: pod redaktsiyey V.N. Mazurova. 2019: 106–113. (In Rus.)

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the Management board of Federal Research Center “Nemchinovka” for their assistance in the analysis of barley grain.

Филатов Александр Николаевич, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, Калужский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (249142, Российская Федерация, Калужская обл., Перемышльский р-н, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, д. 2; e-mail: filatow.aleksandr2017@yandex.ru; тел.: (48441) 3–32–39).

Мазуров Владимир Николаевич, канд. с.-х. наук, директор, Калужский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (249142, Российская Федерация, Калужская обл., Перемышльский р-н, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, д. 2; e-mail: knipti@kaluga.ru; тел.: (48441) 3–32–39).

Храмой Виктор Кириллович, д-р с.-х. наук, зав. кафедрой агрономии, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужский филиал (248007, Российская Федерация, Калужская обл., г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27; e-mail: v.hramoy@yandex.ru; тел.: (4842) 72–50–16; (4842) 72–50–22).

Арланцева Елена Руслановна, канд. экон. наук, доцент кафедры высшей математики и экономической кибернетики, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужский филиал (248007, Российская Федерация, Калужская обл., г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27; e-mail: arlanceva@gmail.com; тел.: (961) 126–64–23).

Aleksandr N. Filatov, PhD (Ag), Senior Research Accosiate, Kaluga Agriculture Research Institute, Branch of Russian Potato Research Centre (249142, Russian Federation, Kaluga region, Peremyshl district, Kaluga experimental agricultural station, Tsentral'naya Str., 2; phone: (48441) 3–32–39, e-mail: filatow.aleksandr2017@yandex.ru).

Vladimir N. Mazurov, PhD (Ag), Director, Kaluga Agriculture Research Institute, Branch of Russian Potato Research Centre (249142, Russian Federation, Kaluga region, Peremyshl district, Kaluga experimental agricultural station, Tsentral'naya Str., 2; phone: (48441) 3–32–39, e-mail: knipti@kaluga.ru).

Viktor K. Khramoy, DSc (Ag), Professor, Head of the Agronomy Departmen, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Kaluga Branch (248007, Russian Federation, Kaluga, Vishnevskogo Str., 27; phone: (4842) 72–50–16, 8 (4842)72–50–22; e-mail: v.hramoy@yandex.ru).

Elena R. Arlantseva, PhD (Econ), Associate Professor of the Department of Higher Mathematics and Economic Cybernetics, ussian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Kaluga Branch (248007, Russian Federation, Kaluga, Vishnevskogo Str., 27; phone: (961) 126–64–23; e-mail: arlanceva@gmail.com).