

ПИВОВАРЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЯЧМЕНЯ СОРТА НАДЕЖНЫЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ

В. И. Трухачев, С. Л. Белопухов, Р. Р. Исламгулова, И. И. Серегина, Н. Н. Новиков, И. И. Дмитриевская

РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; E-mail: seragina.i@inbox.ru

Поступила в редакцию 26 октября 2021 г., принята к печати 29 ноября 2021 г.

В полевых исследованиях на опытном участке кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева было изучено влияние разных уровней минерального питания на урожайность и пивоваренные показатели качества ячменя сорта Надежный. Использование сбалансированных доз азота, фосфора и калия при выращивании ячменя позволяет получить максимально возможный урожай зерна с оптимальным содержанием белка и другими показателями качества, отвечающими требованиям пивоваренного производства.

Установлено, что наиболее оптимальные условия минерального питания сложились в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}$. В сложившихся условиях достигнута достаточно высокая урожайность зерна (291 г м^{-2} и 324 г м^{-2}) с оптимальными показателями качества, позволяющими использовать полученное зерно на пивоваренные цели. Зерно в данных вариантах отличалось наиболее оптимальными показателями пленчатости, выравненности, энергии и способности прорастания, а также белковости.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, минеральное питание, урожайность ячменя.

BREWING QUALITY INDICATORS OF BARLEY, NADEZHNY VARIETY, DEPENDING ON NUTRITIONAL CONDITIONS

V. I. Trukhachev, S. L. Belopukhov, R. R. Islamgulova, I. I. Seragina, N. N. Novikov, I. I. Dmitrevskaya

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

49, Timiryazevskaya St., Moscow, 127550; E-mail: seragina.i@inbox.ru

The influence of different levels of mineral nutrition on the yield and brewing quality indicators of barley of the Nadezhny variety was studied in field conditions at the experimental site of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology of the RSAU-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. The use of balanced rates of nitrogen, phosphorus and potassium when growing barley allows to get the maximum possible grain yield with the optimal protein content and other quality indicators that meet the requirements of the brewing industry.

It was found that the most optimal conditions for mineral nutrition were formed in the treatments $N_{60}P_{60}K_{60}$ and $N_{60}P_{60}K_{90}$. Under the prevailing conditions, a sufficiently high grain yield (291 g m^{-2} and 324 g m^{-2}) with optimal quality indicators was obtained. These indicators allow using the obtained grain for brewing purposes. The grain in these treatments was characterized by the most optimal indicators of hulliness, evenness, energy and germination ability, as well as protein content.

Key words: malting barley, mineral nutrition, barley yield.

ВВЕДЕНИЕ

Яровой ячмень является культурой, требовательной к плодородию почвы и условиям минерального питания. В настоящее время технологии выращивания ячменя пивоваренных сортов основаны на поиске оптимальных режимов минерального питания, позволяющих изменять направление биохимических процессов при формировании урожая зерна и улучшать показатели качества зерновой продукции (Горпинченко, Аниканова, 2002; Пузырев и др., 2014; Соловьева, 2019). Азотные удобрения оказывают наиболее существенное влияние на величину урожая и качество основной продукции и в первую очередь способствуют увеличению содержания азота в зерне ячменя. При повышении доз внесения азота содержание белка в зерне ячменя и

других зерновых культур возрастает (Кошукоев и др., 2019). В то же время для использования ячменя на пивоваренные цели необходимо получение сырья определенного качества. Основные показатели качества содержатся в ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». Содержание белка в зерне ячменя зависит от уровня минерального питания. Для пивоваренных сортов ячменя наиболее оптимальным является содержание белка до 12% (Смуров и др., 2020; Власенко и др., 2005). Содержание белка менее 8% нежелательно, поскольку белок необходим для питания дрожжей, образования стойкой пены, формирования вкуса и букета пива (Внукова, Титова, 2006; Гаврилова и др., 2020). Для получения зерна высокого качества наибольшее значение имеет содержание крахмала,

обусловленное фосфорно-калийным питанием. Повышение уровня обеспечения растений азотным питанием приводит к снижению его накопления в растениях. Достаточная обеспеченность фосфором и калием способствует формированию хорошо развитой корневой системы, а также стимуляции процессов синтеза крахмала и повышению экстрактивности зерна, что позволяет получать высокие урожаи и улучшать качество зерна пивоваренного ячменя (Гаврилова и др., 2020; Конова, 2008).

В связи с этим уровень содержания азота в почве должен быть минимальным. В то же время потребность растений в азоте в начальные периоды их роста обеспечивается за счет внесения более умеренных доз азотных удобрений по сравнению с дозами фосфора и калия (Власенко и др., 2005; Отраслевая целевая программа обеспечения устойчивого производства пивоваренного ячменя и солода в Российской Федерации на 2002–2005 гг. и на период до 2010 г., 2002; Гребенщиков и др., 2019).

Таким образом, наиболее важной задачей при выращивании ячменя пивоваренных сортов является определение оптимального соотношения основных элементов питания для получения высокого урожая зерна.

Целью настоящего исследования является изучение влияния разных уровней минерального питания растений на урожай зерна и пивоваренные показатели качества ячменя сорта Надежный.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач был проведен полевой опыт на стационарном опытном участке кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. Объектом исследований являлся яровой ячмень сорта Надежный. Почва опытного участка представлена урбаноземом типичным со следующей агрохимической характеристикой: pH_{KCl} – 6,2 (ГОСТ 26483-85); Hg – 0,9 мг-экв 100 г^{-1} почвы (ГОСТ 26212-91); S – 24,3 (ГОСТ 27821-88); $N_{ш.г.}$ – 90 мг $кг^{-1}$ почвы (по Корнфилду), обеспеченность подвижными формами фосфора – 155 мг $кг^{-1}$ почвы (V класс), калия – 182 мг $кг^{-1}$ почвы (V класс) (по Кирсанову) (ГОСТ Р 54650-2011).

Площадь опытной делянки составляла 1 м^2 . Разные уровни минерального питания создавались путем внесения в почву вручную аммонийной селитры (NH_4NO_3), двойного суперфосфата ($Ca(H_2PO_4)_2$) и хлористого калия (KCl). Посев семян проводился из расчета 6 млн. всхожих семян на 1 га. Делянки размещались методом организованных повторений. Повторность опыта – 4-кратная. Схема опыта включала следующие варианты: 1 – $P_{60}K_{60}$; 2 – $N_{60}P_{60}$; 3 – $N_{60}K_{60}$; 4 – $N_{60}P_{60}K_{60}$; 5 – $N_{60}P_{90}K_{60}$; 6 – $N_{60}P_{60}K_{90}$; 7 – $N_{90}P_{60}K_{60}$; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Уборка урожая проводилась сплошным методом. Биохимические и технологические показатели зерна, прошедшего послеуборочное дозревание, определялись с использованием общепринятых методов (Беркутова, 1991). В рамках настоящего исследования определялись масса 1000 зерен, натура, показатели пленчатости, экстрактивности, крупности, выравненности, энергии и способности прорастания зерна. Показатели качества зерна определялись на приборе SpectraStar XL 2500XL-R для оценки влияния на них различных уровней минерального питания. Точность прибора SpectraStar 2500 довольно высока и сопоставима с точностью стандартных химических методов. Отбор проб и подготовка к БИК-анализу проводились в соответствии с ГОСТ Р 50817-95.

Температурные условия за период с апреля по сентябрь 2019 г. были более благоприятными по сравнению со среднемноголетними значениями температуры. Количество осадков, выпавших за вегетационный период, было существенно ниже в сравнении со среднемноголетними показателями, что значительно повлияло на величину зерновой продуктивности растений ячменя.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием метода двухфакторного дисперсионного анализа (Кобзаренко и др., 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований по изучению влияния разных уровней минерального питания на урожайность и технологические показатели качества зерна ячменя сорта Надежный представлены в табл. 1. Полевой опыт проведен на урбаноземе типичном, характеризующемся высокими показателями обеспеченности доступными формами основных элементов питания – средней обеспеченностью азотом ($N_{шг}$ – 90 мг $кг^{-1}$ (по Корнфилду)), а также высокой обеспеченностью фосфором (155 мг $кг^{-1}$ – V класс (по Кирсанову)) и калием (182 мг $кг^{-1}$ – V класс (по Кирсанову)). В варианте без внесения фосфора ($N_{60}K_{60}$) отмечены достаточно высокие показатели урожайности зерна ярового ячменя (390 г $м^{-2}$) и натуры зерна (701 г $л^{-1}$), а также близкая к оптимальной величина массы 1000 зерен (45,7 г). Однако содержание белка в зерне превышало нормативные требования и составляло 12,3%. В то же время в варианте без внесения фосфора отмечена самая высокая экстрактивность зерна (80,2%) в данных условиях выращивания (табл. 2). Внесение на указанном фоне фосфора ($N_{60}P_{60}K_{60}$) способствовало снижению на 25% урожайности растений ячменя, которая составила 291 г $м^{-2}$. При этом масса 1000 зерен увеличилась до 49,9 г, а содержание белка достигло оптимального уровня, необходимого для использования зерна на пивоваренные цели.

Таблица 1. Влияние различных уровней минерального питания на зерновую продуктивность и технологические показатели качества зерна ячменя сорта Надежный

Варианты опыта	Урожай зерна, г м ⁻²	Натура, г л ⁻¹	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, % (на сухую массу)
P ₆₀ K ₆₀	262	695	46.3	11,2
N ₆₀ P ₆₀	282	692	45.4	11,8
N ₆₀ K ₆₀	390	701	45.7	12,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	291	689	49.9	12,0
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	301	704	53.2	12,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	324	697	51.2	12,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	312	688	46.8	12,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	412	696	53.0	12,0
НСР ₀₅	29	34	3.3	0.6

Таблица 2. Влияние условий минерального питания на показатели пивоваренных свойств зерна ячменя сорта Надежный

Варианты	Пленчатость зерна, %	Крупность зерна, %	Выравненность, гр. %			Мелкие зерна, % < 2,2 мм	Энергия прорастания зерна, %	Способность прорастания зерна, %	Экстракт-тивность, % сухой массы
			2,8 мм	2,5 мм	2,2 мм				
P ₆₀ K ₆₀	8,7	85,0	82,8	13,0	4,3	2,1	97,6	98,2	78,7
N ₆₀ P ₆₀	8,6	84,1	80,9	14,2	4,3	2,2	97,9	98,1	76,8
N ₆₀ K ₆₀	8,7	86,2	84,7	10,7	4,2	2,4	98,3	98,0	80,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,9	85,1	81,1	12,4	3,7	2,2	97,8	98,2	78,0
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	9,3	83,2	85,5	9,9	3,1	2,1	97,7	98,5	77,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	9,2	77,1	84,1	12,1	3,2	1,7	97,9	98,5	76,7
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	8,8	83,2	80,9	13,4	3,7	1,9	98,8	98,9	77,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	9,0	86,0	84,3	12,8	3,0	2,5	90,0	98,7	77,5
НСР ₀₅	0,2	1,3	1,2	0,4	0,2	0,2	1,1	1,2	1,3

Повышение дозы фосфора до 90 кг га⁻¹ (N₆₀P₉₀K₆₀) также не привело к увеличению массы зерна по сравнению с вариантом без внесения фосфора. В то же время увеличение дозы фосфора позволило получить урожай с максимальными в условиях опыта показателями натуры зерна (704 г л⁻¹) и массы 1000 зерен (53,2 г). Содержание белка превышало нормативные требования и составляло 12,5%.

Дополнительное внесение калийных удобрений в дозе 90 кг га⁻¹ (N₆₀P₆₀K₉₀) способствовало повышению урожайности ячменя на 11% (до 324 г м⁻²) по сравнению с вариантом, где доза калия составляла 60 кг га⁻¹ (N₆₀P₆₀K₆₀). Существенных изменений величины натуры, массы 1000 зерен и белковости зерна при увеличении дозы калийных удобрений не произошло. В то же время белковость зерна находилась на оптимальном для пивоваренных целей уровне.

Повышение уровня обеспеченности растений ячменя азотом до 90 кг га⁻¹ (N₉₀P₆₀K₆₀) привело к увеличению урожайности по сравнению с вариантом,

где доза азота составляла 60 кг га⁻¹, однако прибавка массы зерна оказалась недостоверной. Значительных изменений показателей натуры и массы 1000 зерен не выявлено. В то же время в данном варианте содержание белка составило 12,4%, что ограничивает использование полученного зерна в пивоварении.

Применение повышенных доз азота, фосфора и калия (N₉₀P₉₀K₉₀) способствовало достижению максимальной урожайности в данных условиях выращивания (412 г м⁻²), масса 1000 зерен при этом составила 53 г. В то же время натура зерна оказалась на среднем по вариантам опыта уровне, а показатели белковости зерна позволяют использовать полученный ячмень в пивоварении.

В вариантах без внесения азота (P₆₀K₆₀) и без применения калия (N₆₀P₆₀) были отмечены минимальные среди вариантов опыта показатели урожайности ячменя, которые составили 262 г м⁻² и 282 г м⁻² соответственно. В данных вариантах содержание белка оказалось наиболее оптимальным для использования зерна на пивоваренные цели (11,2–

11,8%), однако урожайность являлась самой низкой в опыте.

Таким образом, можно сделать вывод, что при использовании сбалансированных доз азота, фосфора и калия в данных условиях выращивания возможно получение достаточного урожая зерна ячменя с оптимальным содержанием белка, отвечающим требованиям пивоваренного производства.

Результаты исследований показали, что в условиях вегетационного периода 2019 г. во всех вариантах опыта зерно ячменя характеризовалось достаточно высокими показателями пленчатости, энергии прорастания и способности прорастания. Также установлено, что доля мелких семян (<2,2 мм) составляла от 1,7 до 2,5%, что не превышает нормативного уровня (5%) (Соловьева, 2019).

В вариантах с высокой обеспеченностью фосфором ($N_{60}P_{90}K_{60}$) и калием ($N_{60}P_{60}K_{90}$) отмечены наиболее оптимальные показатели пленчатости (9,3% и 9,2% соответственно) и выравненности зерна. В варианте с повышенной дозой фосфора ($N_{60}P_{90}K_{60}$) наблюдалось увеличение доли зерна 2,8 мм за счет уменьшения доли зерна 2,5 мм и 2,2 мм. В варианте с увеличенной дозой калия ($N_{60}P_{60}K_{90}$) улучшение показателей выравненности зерна произошло за счет снижения доли зерна 2,2 мм и менее 2,2 мм. Показатели экстрактивности зерна, энергии и способности прорастания в указанных вариантах были средними для данных условий выращивания.

В варианте с увеличенной дозой азота ($N_{90}P_{60}K_{60}$) показатель пленчатости зерна (8,8 %) находился на уровне варианта без внесения азота ($P_{60}K_{60}$). Однако снижение доли зерна 2,8 мм обусловило невысокие показатели массы 1000 зерен (46,8 г) и natуры (688 г л^{-1}) в данных условиях выращивания (табл. 1).

Применение повышенных доз азота, фосфора и калия ($N_{90}P_{90}K_{90}$) позволило получить максимальный урожай зерна, который характеризовался достаточно высокими показателями выравненности, массы 1000 зерен (53,0 г) и пленчатости (9,0%). В то же время в данном варианте отмечены самые низкие показатели энергии прорастания зерна (90%).

Таким образом, в результате исследований по изучению ячменя сорта Надежный установлено, что наиболее оптимальные условия минерального питания сложились в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}$. В сложившихся условиях достигнута достаточно высокая урожайность зерна (291 г м^{-2} и 324 г м^{-2}) с оптимальными показателями качества, позволяющими использовать полученное зерно на пивоваренные цели.

Список литературы

- Горпинченко Т. В., Анканова З. Ф. Качество пивоваренного ячменя // Пиво и напитки. 2002. № 1. С. 18–22.
- Пузырев А. Ю., Гребенщиков В. Ю., Верхотуров В. В., Белопухов С. Л., Байбеков Р. Ф. Влияние агрофона и условий выращивания на продуктивность и качество ячменя в Иркутской области // Плодородие. 2014. № 1(76). С. 26–27.
- Соловьева Н. Е. Формирование качества зерна пивоваренного ячменя в зависимости от режима питания и применения фиторегуляторов в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 03.01.05. М.: РГАУ-МСХА, 2019. 153 с.
- Кашукоев М. В., Кошукоев Х. М., Хамжуева З. Х. Азотные удобрения как фактор регулирования пивоваренных качеств зерна ячменя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 6(176). С. 30–36.

Зерно в данных вариантах отличалось высокими показателями пленчатости, выравненности, энергии и способности прорастания, а также белковости. При внесении повышенных доз азота, фосфора и калия ($N_{90}P_{90}K_{90}$) возможно получение максимального урожая зерна, которое будет характеризоваться высоким качеством по большинству пивоваренных показателей.

ВЫВОДЫ

1. При использовании сбалансированных доз азота, фосфора и калия возможно получение максимального в данных условиях выращивания урожая зерна ячменя с оптимальным содержанием белка, отвечающим требованиям пивоваренного производства.

2. В данных условиях выращивания отмечены оптимальные показатели пленчатости (8,8–9,2%), энергии прорастания (97,8–98,3%) и способности прорастания зерна ячменя (76,7–80,2%). Также установлено, что доля мелких семян (<2,2 мм) составляла от 1,7 до 2,5%, что не превышает нормативного уровня (5%).

3. Выявлено, что при выращивании ячменя сорта Надежный наиболее оптимальные условия минерального питания сложились в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}$. В сложившихся условиях достигнута достаточно высокая урожайность зерна (291 г м^{-2} и 324 г м^{-2}) с оптимальными показателями качества, позволяющими использовать полученное зерно на пивоваренные цели. Зерно в данных вариантах опыта отличалось высокими показателями пленчатости, выравненности, энергии и способности прорастания, а также белковости.

4. При внесении повышенных доз азота, фосфора и калия ($N_{90}P_{90}K_{90}$) возможно получение максимального урожая зерна (412 г м^{-2}), которое будет характеризоваться содержанием белка на уровне 12% и высоким качеством по большинству пивоваренных показателей.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы статьи выражают огромную благодарность заведующему кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии доктору биол. наук, профессору С. П. Горшину за помощь и поддержку в проведении исследований.

- Смуrow С. И., Наумкин В. Н., Ермолаев С. Н. Урожайность и качество зерна ярового ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания // Вестник аграрной науки. 2020. № 2(83). С. 36–44.
- Власенко Н. Г., Кулагин О. В., Кудашкин П. И. Влияние основных технологических приемов возделывания на урожайность и пивоваренные качества ярового ячменя // Агрохимия. 2005. № 9. С. 35–39.
- Внукова М. А., Титова Е. М. Производство пивоваренного ячменя в Орловской области // Зерн. хоз-во. 2006. № 7. С. 14–16.
- Гаврилова А. Ю., Конова А. М., Самсонова Н. Е. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на формирование урожайности и качество зерна пивоваренного ячменя в Центральном Нечерноземье // Агрохимия. 2020. № 9. С. 24–31.
- Конова А. М. Изучение возрастающих доз минеральных удобрений и их моделирование по результатам полевого опыта // Агрохим. вестн. 2008. № 4. С. 29–30.
- Отраслевая целевая программа обеспечения устойчивого производства пивоваренного ячменя и солода в Российской Федерации на 2002–2005 гг. и на период до 2010 г. М., 2002. 82 с.
- Гребенщиков В. Ю., Верхотуров В. В., Белопухов С. Л., Серегина И. И. Влияние минерального питания на урожайность и качество зерна ячменя (*HORDEUM VULGARE L.*) при выращивании на серой лесной почве лесостепи Приангарья // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 3. С. 20–26.
- Беркутова Н. С. Методы оценки и формирование качества зерна. М.: Росагропромиздат, 1991. 206 с.
- Кобзаренко В. И., Волобуева В. Ф., Серегина И. И., Ромодина Л. В. Агрохимические методы исследований: Учебник. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 309 с.

References

- Gorpinchenko T. V., Anikanova Z. F. Kachestvo pivovarennogo yachmenya [The quality of malting barley] // *Pivo i napitki*, 2002, no. 1, pp. 18–22.
- Puzryev A. Yu., Grebenshchikov V. Yu., Verkhotur V. V., Belopukhov S. L., Baybekov R. F. Vliyaniye agrofona i usloviy vyrashchivaniya na produktivnost' i kachestvo yachmenya v Irkutskoy oblasti [Influence of agricultural background and growing conditions on the productivity and quality of barley in the Irkutsk region] // *Plodorodiye*, 2014, no. 1(76), pp. 26–27.
- Solovyova N. Ye. Formirovaniye kachestva zerna pivovarennogo yachmenya v zavisimosti ot rezhima pitaniya i primeneniya fitoregulyatorov v usloviyakh Tsentral'nogo rayona Nechernozymnoy zony. *Dissertatsiya kand. biology. nauk* [Formation of the quality of malting barley grain depending on the nutrition regime and the use of phyto regulators in the conditions of the Central Region of the Non-Black Earth Zone. Dissertation of cand. of biology. scienc.]. Moscow, RSAU-Moscow Agricultural Academy, 2019, 153 p.
- Kashukoyev M. V., Koshukoyev H. M., Hamzhuyeva Z. Kh. Azotnyye udobreniya kak faktor regulirovaniya pivovarennykh kachestv zerna yachmenya [Nitrogen fertilizers as a factor in regulating the brewing qualities of barley grain] // *Vestnik Aktayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, no. 6(176), pp. 30–36.
- Smurov S. I., Naumkin V. N., Yermolayev S. N. Urozhaynost' i kachestvo zerna yarovogo yachmenya v zavisimosti ot razlichnykh predshestvennikov i fonov mineral'nogo pitaniya [Productivity and grain quality of spring barley depending on various predecessors and backgrounds of mineral nutrition] // *Vestnik agrarnoy nauki*, 2020, no. 2(83), pp. 36–44.
- Vlasenko N. G., Kulagin O. V., Kudashkin P. I. Vliyaniye osnovnykh tekhnologicheskikh priyemov vozdelevaniya na urozhaynost' i pivovarennyye kachestva yarovogo yachmenya [The influence of the main technological methods of cultivation on the yield and brewing qualities of spring barley] // *Agrokimiya*, 2005, no. 9, pp. 35–39.
- Vnuкова M. A., Titova E. M. Proizvodstvo pivovarennogo yachmenya v Orlovskoy oblasti [Production of malting barley in the Oryol region] // *Zernovoye khozyaystvo*, 2006, no. 7, pp. 14–16.
- Gavrilova A. Yu., Konova A. M., Samsonova N. E. Vliyaniye doz i sochetaniy mineral'nykh udobreniy na formirovaniye urozhaynosti i kachestvo zerna pivovarennogo yachmenya v Tsentral'nom Nechernozem'ye [Influence of doses and combinations of mineral fertilizers on the formation of yield and grain quality of malting barley in the Central Non-Black Earth Region] // *Agrokimiya*, 2020, no. 9, pp. 24–31.
- Konova A. M. Izucheniye vozrastayushchikh doz mineral'nykh udobreniy i ikh modelirovaniye po rezul'tatam polevogo opyta [Study of increasing doses of mineral fertilizers and their modeling based on the results of a field experiment] // *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2008, no. 4, pp. 29–30.
- Otraslevaya tselevaya programma obespecheniya ustoychivogo proizvodstva pivovarennogo yachmenya i soloda v Rossiyskoy Federatsii na 2002–2005 gg. i na period do 2010 g. [Sectoral target program to ensure sustainable production of malting barley and malt in the Russian Federation for 2002–2005 and for the period until 2010]. Moscow, 2002, pp. 82.
- Grebenshchikov V. Yu., Verkhotur V. V., Belopukhov S. L., Seragina I. I. Vliyaniye mineral'nogo pitaniya na urozhaynost' i kachestvo zerna yachmenya (*HORDEUM VULGARE L.*) pri vyrashchivanii na seroy lesnoy pochve lesostepi Priangar'ya [The influence of mineral nutrition on the yield and quality of barley grain (*HORDEUM VULGARE L.*) when grown on the gray forest soil of the forest-steppe of the Angara region] // *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2019, no. 3, pp. 20–26.

- Berkutova N. S. *Metody otsenki i formirovaniye kachestva zerna* [Assessment methods and formation of grain quality]. Moscow: Rosagropromizdat, 1991, 206 p.
- Kobzarenko V. I., Volobyeva V. F., Seregina I. I., Romodina L. V. *Agrokhimicheskiye metody issledovaniy: Uchebnik* [Agrochemical research methods: Textbook]. Moscow: Publishing house of the RSAU-Moscow Agricultural Academy, 2015, 309 p.