

УДК 631.8:631.559:633.16(470.31)

ВЛИЯНИЕ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

© 2020 г. А. Ю. Гаврилова^{1,*}, А. М. Конова¹, Н. Е. Самсонова²

¹ Федеральный научный центр лубяных культур
214025 Смоленск, ул. Нахимова, 21, Россия

² Смоленская государственная сельскохозяйственная академия
214000 Смоленск, ул. Б. Советская, 10/2, Россия

*E-mail: augavrilova@gmail.com

Поступила в редакцию 16.01.2020 г.

После доработки 07.02.2020 г.

Принята к публикации 10.06.2020 г.

Изучали влияние различных доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество зерна пивоваренного ярового ячменя сорта Владимир в условиях дерново-подзолистых почв Центрального Нечерноземья. Показано, что величина урожайности и качество зерна связаны с уровнем минерального питания и с метеорологическими условиями периода вегетации культуры. Наиболее пригодное для пивоваренных целей зерно было сформировано в аномально жарком и засушливом 2010 г. (ГТК = 1.09) во всех изученных вариантах минерального питания, а также в избыточно влажном 2009 г. (ГТК = 2.39) при дозе минеральных удобрений, не превышающей N50P50K75. В годы с ГТК = 1.6–2.06 был сформирован более высокий урожай, с большей массой 1000 зерен, но по содержанию белка зерно было не пригодно для пивоварения.

Ключевые слова: яровой ячмень, минеральные удобрения, урожайность, качество зерна, дерново-подзолистая почва, Центральное Нечерноземье.

DOI: 10.31857/S0002188120090069

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень является важной продовольственной и зернофуражной культурой многоцелевого назначения. Площадь его посевов в мире составляет ≈82 млн га, в том числе 10 млн га – в России. По данным Росстата, урожайность ячменя в России с 1991 г. выросла с 15.1 до 21.6 ц/га (2018 г.). За этот период максимальная урожайность была получена в 2017 г. – 26.2 ц/га [1].

Яровой ячмень – культура сжатого периода поглощения питательных элементов, причем поступление их в растения происходит неравномерно. Например, почти половину азота, около 1/3 фосфора и 2/3 калия от общей потребности он потребляет уже к завершению фазы кущения [2]. За месяц до созревания (в фазе колошения) корневое питание практически завершается. Это определяет высокие требования к наличию в почве достаточных запасов подвижных форм питательных элементов именно в начальные фазы роста и развития растений. В расчете на 1 т зерна с соответствующим количеством побочной про-

дукции ячмень выносит 20–28 кг азота, 7–12 кг фосфора и 11–24 кг калия, он плохо переносит кислые почвы, оптимальный уровень pH_{KCl} – 6.0–6.5 [3].

К причинам низкой урожайности ярового ячменя в Нечерноземной зоне относится, прежде всего, плодородие почв (низкое содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, повышенная кислотность), нарушение технологии возделывания, отсутствие информации о сортовой отзывчивости ячменя на удобрения, а также неустойчивый гидротермический режим в период вегетации и особенно засуха. Частота проявления засушливых лет в историческом плане увеличивается: с XI по XX век она выросла почти в 7.5 раза (с 8 до 60). Аномально жарким и засушливым был 2010 г. [4].

Система удобрения ячменя зависит от хозяйственного назначения зерна. При возделывании на пищевые и фуражные цели важным показателем качества зерна является содержание белка, которое связано с азотным питанием растений.

В пивоваренном ячмене первостепенное значение имеет содержание крахмала, связанное с хорошим фосфорно-калийным питанием. Повышенное азотное питание снижает его накопление. В связи с этим разработка системы удобрения ячменя должна быть ориентирована и на его сортовые особенности, и целевое назначение [5].

В связи с развитием пивоваренной отрасли в России отмечен дефицит пригодного для этой цели ячменя, который в значительной степени закупают за рубежом [6]. Основными импортёрами являются Германия, Франция и Финляндия. В России площади посева пивоваренного ячменя составляют >360 тыс. га [7].

Свойства ячменя являются, прежде всего, генетически обусловленным признаком, однако существенную роль в формировании промышленно важных качеств зерна играют почвенно-климатические условия и агротехника возделывания [8, 9]. При усиленном азотном питании происходит чрезмерное накопление в зерновках белков, содержание которых в ячмене, используемом в пивоварении, должно быть 8–12% [8]. Более низкое его содержание также нежелательно из-за необходимости белка для питания дрожжей, образования стойкой пены, формирования вкуса и букета пива [10].

Хорошая обеспеченность растений фосфором способствует формированию корневой системы, крупного колоса, накоплению крахмала и повышению экстрактивности зерна. Калийные удобрения также повышают накопление крахмала и экстрактивность зерна, способствуют стабилизации азотного обмена. При недостаточной обеспеченности растений фосфором и калием и высоком уровне азотного питания формируется низкий урожай с повышенным содержанием белка в зерне [11].

В исследованиях на черноземных почвах установлено, что на качество зерна пивоваренного ячменя наибольшее влияние оказывают азотные удобрения. Их доза даже при очень низком содержании нитратного азота в черноземе обыкновенном не должна превышать 30–45 кг/га [12], на черноземе выщелоченном – 34 кг/га [13]. Использование более высоких доз (до 90 кг/га) способствовало росту урожайности, максимально повышало содержание сырого протеина в зерне, снижало содержание крахмала и экстрактивность. Такое зерно не件годно для пивоварения, но может быть использовано для нужд животноводства.

Действие азотных удобрений на технологические свойства пивоваренного ячменя связано не только с их дозами, но и с соотношением фосфора и калия, а также с условиями влагообеспеченности растений. Например, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве повышение доз фосфорных и калийных удобрений на фоне достаточной обеспеченности азотом способствовало росту урожайности ячменя и содержания белка в зерне, которое не вышло за пределы нормативных требований [14]. В условиях Курской обл. оптимальное соотношение азота, фосфора и калия для получения качественного зерна ячменя составило 1 : 2 : 2 соответственно, либо его получали при использовании только фосфорных и калийных удобрений [15].

Повышенные дозы азота (N90–120) и дефицит влаги в первой половине вегетации повысили содержание белков в зерне и солоде, что привело к увеличению продолжительности его осахаривания. Дозы N30–60 при благоприятном режиме влагообеспеченности увеличивали урожайность зерна на 10–70% и положительно сказались на пивоваренных свойствах зерна и солода [16].

По данным [17], оптимальные показатели пивоваренных свойств ячменя на дерново-подзолистой почве формируются при достаточной обеспеченности влагой в период развития растений (ГТК = 2.3). В более сухих условиях (ГТК = 1.0–1.3) формируется менее крупное зерно, снижается его экстрактивность, а при внесении азотных удобрений содержание белка может превысить допустимый предел 12%.

На дерново-подзолистых почвах Беларуси с очень высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия на фоне дефицитного и поддерживающего баланса фосфора и калия в почве внесение N60 обеспечило формирование урожая зерна ярового ячменя 3.9–5.5 т/га с уровнем содержания белка, соответствующим требованиям для производства пива. Более высокие дозы азота обеспечили получение зерна фуражного направления использования [18].

Таким образом, для получения зерна ячменя, пригодного для пивоваренных целей, необходима разработка научно обоснованной системы удобрения для конкретной зоны выращивания. Цель работы – в условиях длительного полевого опыта на дерново-подзолистой почве Центрального района Нечерноземной зоны установить наиболее эффективные дозы и сочетания минеральных удобрений при выращивании ячменя на пивоваренные цели.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 1967 г. в Смоленском р-не Смоленской обл. по схеме, разработанной В.Н. Перегудовым, на основе теории планирования многофакторного эксперимента. Опыт внесен в “Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими средствами химизации Российской Федерации” под номером 49 [19]. В работе обобщены результаты исследования, проведенного в 2009–2010 гг. и 2016–2017 гг. в 2-х полях севооборота со следующим чередованием культур: ячмень + многолетние травы – травы 1-го года пользования – травы 2-го года пользования – озимые – ячмень – овес на зеленую массу – овес на зерно. Посевная площадь делянок в первом поле составила 115 м² (23 × 5), во втором – 88 м² (22 × 4), учетная площадь – соответственно 76 м² и 54 м².

Схема опыта приведена в таблицах и представляет собой выборку 1/9 части полного факториального эксперимента (9 × 9 × 9). Изучали возрастающие дозы и разные сочетания азотных, фосфорных и калийных удобрений. Для краткости изложения варианты описаны в кодированных единицах, где первая цифра означает кратность возрастания дозы N, вторая – P₂O₅, третья – K₂O. В 2009–2010 гг. единичная доза N и P₂O₅ составила по 10 кг/га, K₂O – 15 кг/га, в 2016–2017 гг. в связи с улучшением экономической ситуации за нее была принята доза N20P20K25.

Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая, сформированная на моренном суглинке. Мощность пахотного слоя – 18–20 см. Перед закладкой опыта (1967 г.) почва имела следующую агрохимическую характеристику: содержание гумуса (по Тюрину) – 2.0–2.2%, рН_{KCl} – 4.9, гидролитическая кислотность (по Каппену–Гильковицу) – 4.2 мг-экв/100 г почвы, содержание обменного калия (по Масловой) – 70–100 мг/кг почвы, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 25–50 мг/кг почвы. К концу 7-й ротации плодородие почвы изменилось (табл. 1), что было обусловлено как внесенными за эти годы удобрениями, так и отчуждением питательных веществ урожаями.

В варианте без удобрений (000) за счет 45-летнего отчуждения питательных веществ урожаями сельскохозяйственных культур обеспеченность почвы подвижным фосфором снизилась от низкой до очень низкой, обменным калием – от средней до низкой. На фоне внесения минеральных удобрений она заметно повысилась по сравнению с контролем.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы к концу 7-й ротации севооборота (2012 г.)

Вариант	Гумус, %	рН _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	H _г , ммоль/100 г почвы
			мг/кг		
000	1.6	4.7	23	66	3.20
111	1.9	4.6	88	102	3.40
222	1.8	4.5	73	81	3.63
333	2.0	4.6	63	112	3.33
444	1.9	4.5	120	71	3.48
555	1.8	4.7	69	94	3.13
666	1.8	4.3	63	74	4.63
777	1.9	4.6	85	112	3.33
888	2.1	4.5	171	115	3.82

Опытной культурой был яровой ячмень сорта Владимир (оригинатор – Московский НИИСХ “Немчиновка”). В исследовании он шел 5-й культурой севооборота. Сорт среднеспелый, средне засухоустойчивый, умеренно устойчив к пыльной головне, сильно восприимчив к гельминтоспориозу, устойчив к полеганию. Включен в Государственный реестр по Центральному (3) и Центрально-Черноземному (5) регионам с 2007 г. Достоинством сорта является высокая адаптивность к различным условиям возделывания. Он сочетает в себе высокий потенциал продуктивности (8–9 т/га), устойчивость к засухе и кислотности почвы. Максимальная урожайность 7.4 т/га получена в 2005 г. в Липецкой обл. Масса 1000 зерен равна 47–56 г. Вегетационный период – 68–87 сут. Содержание белка в зерне – 9.5–14.5%, экстрактивность – до 82%. Сорт внесен в список пивоваренных и ценных по качеству ячменей [20].

Азотные удобрения вносили в форме N_{аа}, фосфорные – P_{сд}, калийные – в форме K_х.

Учет урожая был проведен сплошным методом. Статистическую обработку экспериментальных данных провели методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа по [21] с использованием компьютерной программы STRAZ. Содержание сырого белка рассчитывали по содержанию общего азота, используя коэффициент 5.7. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов лет исследования были контрастными. Прохладными и избыточно влажными можно охарактеризовать 2009 и 2017 гг. (ГТК за весь период вегетации ячменя составил 2.39 и 2.06 соответственно), аномально жарким и засушливым был 2010 г. (сумма осадков за май–август со-

Таблица 2. Изменение урожайности пивоваренного ячменя в зависимости от доз и сочетаний минеральных удобрений, т/га

Вариант	Единичная доза N10P10K15			Единичная доза N20P20K25		
	2009 г.	2010 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	среднее
000	1.3	1.0	1.1	1.7	1.5	1.6
003	1.7	1.5	1.6	1.7	1.9	1.8
030	1.8	1.6	1.7	1.7	2.0	1.8
033	2.0	1.9	1.9	2.3	2.5	2.4
300	1.9	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9
303	2.1	1.9	2.0	2.2	2.2	2.2
330	2.3	2.0	2.1	2.8	2.7	2.7
333	2.6	2.4	2.5	3.1	3.3	3.2
111	1.5	1.3	1.4	1.8	2.0	1.9
222	1.7	1.5	1.6	2.1	2.3	2.2
225	1.7	1.5	1.6	2.2	2.4	2.3
252	2.0	1.8	1.9	2.2	2.4	2.3
255	2.1	1.9	2.0	2.5	2.8	2.7
444	2.6	2.4	2.5	3.3	3.5	3.4
447	2.6	2.4	2.5	3.4	3.7	3.5
474	2.5	2.3	2.4	3.5	3.7	3.6
477	2.5	2.3	2.4	3.6	3.7	3.6
522	2.2	2.0	2.1	2.4	2.7	2.5
525	2.3	2.1	2.2	2.6	3.1	2.8
552	2.5	2.3	2.4	2.9	3.4	3.1
555	2.6	2.5	2.5	3.4	3.7	3.6
666	2.6	2.4	2.5	3.7	3.9	3.8
744	2.6	2.4	2.5	3.6	3.4	3.5
747	2.7	2.5	2.6	3.8	3.9	3.8
774	2.6	2.4	2.5	3.6	3.9	3.8
777	2.5	2.3	2.4	3.7	4.1	3.9
888	2.5	2.3	2.4	3.8	4.4	4.1
<i>HCP</i> ₀₅			0.3			0.4

ставила 80% от климатической нормы; в июле–августе температура воздуха была на 5.7–6.0°C выше среднегодовой нормы с аномалиями до 34°C в июле и 37.2°C – в августе, а сумма осадков оказалась почти в 2 раза меньше нормы). ГТК в 2010 г. за этот период составил 1.09. Лишь 2016 г. по агрометеорологическим показателям мая–августа был близок к климатической норме (ГТК = 1.6).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 2 приведены данные, характеризующие зависимость урожайности ячменя от доз и сочетаний минеральных удобрений, а также от агрометеорологических условий его выращивания.

Внесение фосфорного и калийного удобрения на фоне обеспеченности растений азотом во все

годы способствовало росту урожайности зерна (варианты 300, 330, 303, 333) с наибольшей величиной в варианте с полным минеральным удобрением.

Уровень урожайности зерна был связан с обеспеченностью растений влагой: минимальной она была в аномально жарком и засушливом 2010 г. (ГТК = 1.09), особенно в контрольном варианте, где по сравнению с прохладным и избыточно влажным 2009 г. она оказалась на 30% меньше. Внесение минеральных удобрений сгладило эффект негативных погодных условий 2010 г.: снижение урожайности отмечено на уровне всего 4–15% по сравнению с соответствующими вариантами 2009 г.

В среднем за 2009–2010 гг. все варианты сочетания удобрений обеспечили достоверную при-

Таблица 3. Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг д.в.

Вариант	Единичная доза N10P10K15			Единичная доза N20P20K25		
	2009 г.	2010 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	среднее
111	7.1	8.6	7.8	2.6	6.3	4.5
222	6.1	7.4	6.7	3.1	5.8	4.5
333	12.3	13.1	12.7	7.2	9.1	8.1
444	9.6	10.1	9.8	6.3	7.8	7.0
555	7.9	8.1	8.0	5.4	6.8	6.1
666	6.4	6.9	6.6	5.2	6.1	5.6
777	5.1	5.6	5.4	4.6	5.7	5.1
888	4.4	4.8	4.6	4.2	5.5	4.8
Среднее	7.4	8.1	7.7	4.8	6.6	5.7

Таблица 4. Влияние уровня минерального питания на массу 1000 зерен ячменя, г

Вариант	Единичная доза N10P10K15			Единичная доза N20P20K25		
	2009 г.	2010 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	среднее
000	37.5	36.9	37.2	38.8	41.2	40.0
300	37.6	37.2	37.4	39.0	42.0	40.5
030	37.9	37.3	37.6	39.0	42.6	40.8
003	37.5	37.3	37.4	39.1	42.1	40.6
033	37.9	37.7	37.8	40.2	43.0	41.6
303	37.9	37.1	37.5	40.0	42.4	41.2
330	38.0	37.2	37.6	41.8	42.2	42.0
111	38.4	37.6	38.0	40.5	41.1	40.8
222	38.9	38.3	38.6	41.0	41.8	41.4
333	40.0	39.0	39.5	42.2	43.4	42.8
444	40.6	39.2	39.9	42.4	43.6	43.0
555	40.8	40.0	40.4	42.6	44.6	43.6
666	41.4	40.2	40.8	42.9	44.7	43.8
777	41.6	40.2	40.9	43.1	44.9	44.0
888	41.6	41.2	41.4	43.4	45.0	44.2

бавку урожайности по отношению к контролю с максимальным результатом в варианте 333, где была получена урожайность зерна 2.5 т/га. Дальнейшее увеличение дозы NPK или какого-либо его компонента не привело к росту урожайности. Следовательно, лучшей в данных условиях оказалась доза N30P30K45. Следует отметить, что общий уровень урожайности ячменя сорта Владимир остался низким. Причиной этого могла быть излишне кислая почва (pH_{KCl} 4.5–4.7) и недостаточная обеспеченность ее питательными элементами.

Аналогичная картина связи урожайности ячменя с уровнем влагообеспеченности проявилась и при внесении более высоких доз минеральных удобрений (единичная доза N20P20K25) в 2016–2017 гг. Уровень урожайности в контрольном ва-

рианте в среднем за 2 года оказался на 45% больше, чем в среднем за 2009–2010 гг., как эффективнее были и минеральные удобрения. Однако и в эти годы общий уровень урожайности был в 2 раза ниже потенциальной, характерной для данного сорта (8–9 т/га).

В 2017 г. (ГТК = 2.06) в большинстве случаев эффективность удобрений оказалась на 3–17% больше, чем в 2016 г. (ГТК = 1.6). Внесение удобрений позволило существенно повысить ее (на 50–156% по отношению к контрольному варианту). В среднем за 2016–2017 гг. лучшими вариантами можно признать сочетания 333 и 444 (N60P60K75 и N80P80K100 соответственно). По уровню урожайности они уступили вариантам с гораздо более высокими дозами удобрений (666, 777, 888), в которых, однако, окупаемость удобре-

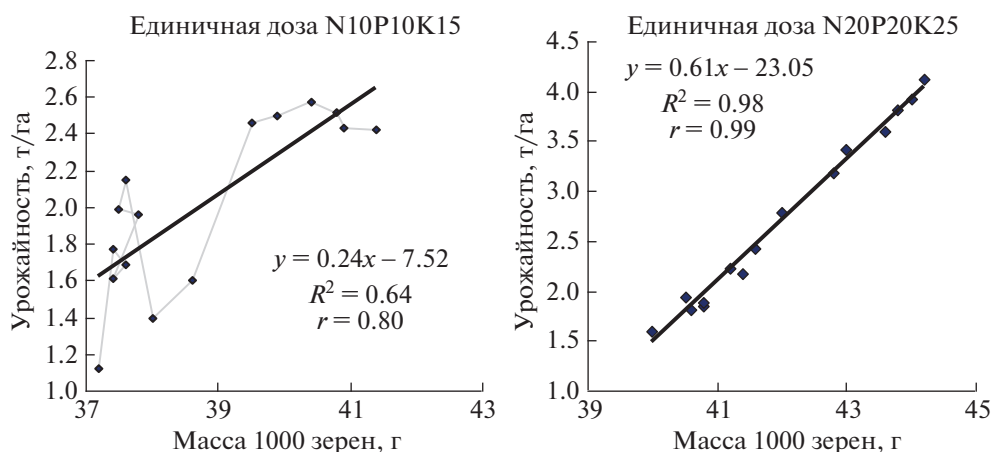


Рис. 1. Корреляционно-регрессионная связь между урожайностью ярового ячменя и массой 1000 зерен.

ний прибавкой урожая оказалась гораздо меньше (табл. 3).

Окупаемость удобрений прибавкой урожая связана как с уровнем прибавки урожая, так и с дозой удобрений. С ростом дозы окупаемость снижалась. В среднем за 4 года исследования в расчете на 1 кг действующих веществ удобрений получено 6.7 кг зерна ячменя.

Различия в урожайности в числе других факторов были связаны с массой 1000 зерен (табл. 4). В годы исследования она не достигла описанных для сорта Владимир показателей (47–56 г). Наименьшей масса 1000 зерен была в 2010 г. (36.9–

41.2 г), максимальной – в 2017 г. (41.2–45.0 г), что согласовалось с различиями в урожайности в эти годы. Зависимость между массой 1000 зерен (x) и урожайностью (y) по силе связи была тесной ($r = 0.80–0.99$), а по форме – прямолинейной (рис. 1).

Важнейшим показателем качества зерна пивоваренных сортов ячменя является содержание в нем белка. Общий его уровень был связан как с режимом влагообеспеченности растений, так и с условиями минерального питания растений (табл. 5).

Во все годы исследования азотные удобрения ожидаемо оказали более сильное влияние на по-

Таблица 5. Содержание сырого белка в зерне ячменя в зависимости от уровня минерального питания, %

Вариант	Единая доза – N10P10K15			Единая доза – N20P20K25		
	2009 г.	2010 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	среднее
000	8.9	8.1	8.5	12.5	11.5	12.0
300	10.6	8.4	9.5	12.9	12.3	12.6
030	9.8	8.2	9.0	12.4	12.2	12.3
003	9.3	8.3	8.8	12.2	12.0	12.1
033	9.2	8.6	8.9	13.2	12.8	13.0
303	9.1	8.9	9.0	13.4	12.4	12.9
330	9.5	8.9	9.2	13.5	12.9	13.2
111	9.4	9.0	9.2	13.0	12.6	12.8
222	9.7	9.1	9.4	13.2	12.8	13.0
333	10.3	9.5	9.9	13.6	13.2	13.4
444	10.7	9.7	10.2	13.8	13.4	13.6
555	11.4	10.2	10.8	13.9	13.5	13.7
666	12.2	10.8	11.5	13.9	13.7	13.8
777	13.1	10.9	12.0	14.0	13.6	13.8
888	13.4	11.0	12.2	14.2	13.2	13.7

вышение содержания белка в зерне, чем фосфорные или калийные, но в большинстве случаев внесение полного минерального удобрения имело преимущество.

В 2010 г. формирование зерна происходило при аномально высоких температурах и двукратном недоборе осадков по сравнению с климатической нормой (ГТК = 1.09). Содержание белка в нем в этих условиях не вышло за пределы верхнего норматива для ячменя пивоваренного назначения даже при 8-кратном увеличении единичной дозы (N80P80K120), хотя с ростом дозы полного удобрения отмечено последовательное увеличение накопления белка. Тем не менее, во всех вариантах оно было заметно меньше, чем в избыточно влажном 2009 г. (ГТК = 2.39), когда по нормативу содержания белка доза была ограничена 5-кратным увеличением единичной дозы (N50P50K75).

В 2016 и 2017 гг. зерно ячменя имело содержание белка, превышающее норматив для его использования в пивоварении (кроме контрольного варианта в 2017 г.). В среднем за эти годы оно находилось на уровне 12.0–13.8%. Такое зерно пригодно главным образом для пищевых и кормовых целей.

Следует отметить, что в 2016 и 2017 гг. с наиболее близкими к среднегодовым показателям ГТК (1.6–2.6) в зерне накапливалось больше белка, чем в иных условиях (ГТК = 1.09–2.39).

ВЫВОДЫ

1. Урожайность зерна ячменя сорта Владимир и содержание в нем белка были связаны как с уровнем минерального питания, так и с гидротермическими условиями выращивания растений. Пригодное для пивоваренных целей зерно было сформировано в аномально жарком и засушливом 2010 г. (ГТК = 1.09) во всех изученных вариантах минерального питания, а также в избыточно влажном 2009 г. (ГТК = 2.39) при применении доз минеральных удобрений, не превышавших N50P50K75. При более высоких дозах получено зерно кормового/пищевого направления использования.

2. В годы с ГТК = 1.6–2.06 был сформирован более высокий урожай, с большей массой 1000 зерен, но по содержанию белка зерно не было пригодно для пивоварения и его могли использовать как фуражное. В этих условиях наиболее эффективными оказались дозы N60P60K75 и N80P80K100.

3. В расчете на 1 кг действующих веществ удобрений в среднем за 4 года получено 6.7 кг зерна ячменя.

4. Азотные удобрения оказали наиболее положительное влияние на накопление белка в зерне ячменя, чем фосфорные или калийные, но в большинстве случаев имело преимущество внесение полного минерального удобрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конова А.М. Региональная система земледелия Смоленской области. Смоленск: Агронаучсервис, 2013. 277 с.
2. Завалин А.А., Чернова Л.С., Гаврилова А.Ю., Чеботарь В.К. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом Би-солбиФит, на урожай ярового ячменя // Агрохимия. 2015. № 4. С. 21–33.
3. Новикова Н.Е., Самсонова Н.Е. Минеральное питание растений и применение удобрений. Орел: ОрелГАУ, Смоленская ГСХА, 2008. 200 с.
4. Никонов А.А. Научные основы устойчивого развития сельскохозяйственного производства засушливых районов страны // Вестн. сел.-хоз. науки. 1987. № 10. С. 10–25.
5. Конова А.М. Изучение возрастающих доз минеральных удобрений и их моделирование по результатам полевого опыта // Агрохим. вестн. 2008. № 4. С. 29–30.
6. НПО Альтернатива: Ячмень. [Электр. ресурс] URL: <https://alternativa-sar.ru/tehnologu/pivo-i-napitki/meledina-syrie-i-materialy-v-pivovarenii/612-1-1-2-zarubezhnye-sorta-yachmenya> (03.02.2020)
7. Посевная площадь пивного ячменя в России на Сельхозпортале. [Электр. ресурс] URL: <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/analiz-posevnyh-ploshhadej/?area=8> (03.02.2020)
8. ГОСТ 5060-86 “Ячмень пивоваренный. Технические условия”. М., 1986. 6 с.
9. Завалин А.А., Потапов В.И. Формирование урожая и качества зерна ячменя и овса в зависимости от доз и сроков внесения азота // Агрохимия. 1996. № 11. С. 20–26.
10. Внукова М.А., Титова Е.М. Производство пивоваренного ячменя в Орловской области // Зерн. хозяйство. 2006. № 7. С. 14–16.
11. Пасынков А.В. Урожайность и пивоваренные качества зерна различных сортов ячменя в зависимости от соотношения азотных и калийных удобрений // Агрохимия. 2002. № 7. С. 25–31.
12. Литвинцева Т.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ячменя // Земледелие и химизация. 2008. С. 18–21.
13. Кашукоев М.В., Кошукоев Х.М., Хамжуева З.Х. Азотное удобрение как фактор регулирования пивоваренных качеств зерна ячменя // Вестн. Алтай-ГАУ. 2019. № 6. С. 30–36.
14. Новиков Н.Н., Соловьева Н.Е. Формирование качества зерна пивоваренного ячменя в зависимости от

- режима питания и применения фиторегуляторов при выращивании на дерново-подзолистой почве // *Агрохимия*. 2019. № 2. С. 43–51.
15. *Айдиев А.Ю.* Агробиологические основы возделывания пивоваренного ячменя в Курской области // *Достиж. науки и техн. АПК*. 2006. № 4. С. 45–46.
16. *Новиков Н.Н., Мякинков А.Г., Сычев Р.В.* Формирование пивоваренных свойств зерна ячменя сорта Михайловский в зависимости от уровня азотного питания при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // *Изв. ТСХА*. 2009. № 3. С. 65–73.
17. *Новиков Н.Н., Соловьева Н.Е.* Формирование качества зерна пивоваренного ячменя в зависимости от режима питания и применения фиторегуляторов при выращивании на дерново-подзолистой почве // *Агрохимия*. 2019. № 2. С. 43–51.
18. *Мезенцева Е.Г., Кулеш О.Г., Симанков О.В., Шедова О.А.* Оценка эффективности систем удобрения ярового ячменя в зависимости от целевого назначения зерна // *Почвовед. и агрохим.* 2018. № 1. С. 108–115.
19. *Иванова Т.И.* Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. М.: Агропромиздат, 1989. 235 с.
20. Ячмень яровой Владимир. [Электр. ресурс] URL: <http://www.istokagro.ru/index.php/yachmen/242-yachmen-yarovoj-vladimir> (03.02.2020).
21. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов наблюдений). М.: Колос, 1965. 335 с.

Influence of Doses and Combinations of Mineral Fertilizers on Formation of Productivity and Quality of Malting Barley Grain in the Central Non-Chernozem Region

A. Yu. Gavrilova^{a, #}, A. M. Konova^a, and N. E. Samsonova^b

^a Federal Scientific Center for Bast Crops
ul, Nakhimova 21, Smolensk 214025, Russia

^b Smolensk State Agricultural Academy
B. Sovetskaya ul. 10/2, Smolensk 214000, Russia

[#]E-mail: augavrilova@gmail.com

It was studied the effect of different doses and combinations of mineral fertilizers on the yield and quality of grain of malting spring barley of the Vladimir variety in the conditions of sod-podzolic soils of the Central non-Chernozem region. It was shown that the yield value and grain quality are related to the level of mineral nutrition and meteorological conditions of the growing season of the crop. The most suitable grain for brewing purposes was formed in abnormally hot and dry 2010 (HTC = 1.09) in all the studied variants of mineral nutrition, as well as in excessively wet 2009 (HTC = 2.39) at a dose of mineral fertilizers not exceeding N50P50K75. In years with HTC = 1.6–2.06, a higher yield was formed, with a greater mass of 1000 grains, but the protein content of the grain was not suitable for brewing.

Key words: spring barley, mineral fertilizers, yield, grain quality, sod-podzolic soil, Central non-Chernozem region.