

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. СОЛОВЬЕВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В полевых опытах с пивоваренным ячменем, проведенных на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, установлено, что под влиянием возрастающих доз азота повышаются зерновая продуктивность растений ячменя (на 18–44%), общее содержание в зерне белков и концентрация гордеинов, активность α -амилаз и каталаз, но понижаются натура зерна, содержание в зерне водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков и активность β -амилаз, в результате ухудшаются пивоваренные свойства зерна. При достаточной обеспеченности растений ячменя азотом увеличение доз фосфорного и калийного питания повышало их зерновую продуктивность, способность прорастания зерна и активность α -амилаз, снижало активность β -амилаз и каталаз, а также белковистость зерна, доводя его до нормативных требований (не более 12%), что улучшало пивоваренные показатели зерновок. На основе полученных данных обосновывается возможность использования фиторегулятора новосил для повышения зерновой продуктивности пивоваренного ячменя и понижения белковистости его зерна на фоне внесения азотных удобрений. Выявлена тесная корреляция между концентрацией тирозина в соке листьев в фазе образования первого стеблевого узла и дозой вносимого азота, продуктивностью растений, пивоваренными характеристиками зерна, что показывает эффективность применения данного показателя для диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна пивоваренного ячменя.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, режим питания, фиторегуляторы, продуктивность растений, состав белков, качество зерна, активность амилаз и каталаз.

Введение

Важнейшим фактором получения достаточного количества сырья для пивоваренного производства является внедрение отечественных сортов ячменя, способных давать устойчивые урожаи зерна с высокими показателями качества в условиях экстремального земледелия, являющихся характерными для большинства регионов нашей страны. В связи с этим разрабатываются технологии выращивания пивоваренного ячменя, которые включают в себя оптимизацию режима питания растений и применение фиторегуляторов с целью формирования высоких урожаев зерна и улучшения его технологических свойств [2, 4–6, 20].

Как показывают исследования ряда авторов, при разработке оптимального режима питания растений пивоваренного ячменя необходимо обеспечивать уровень их фосфорно-калийного питания в расчёте на планируемую или потенциальную урожайность сорта, а дозы азота – на таком уровне, который достаточен для реализации

потенциальной зерновой продуктивности растений с умеренным накоплением в зерне белков, не превышающем нормативные требования [8, 15, 19].

Внесение высоких доз азотных удобрений инициирует усиление процессов синтеза азотистых веществ в вегетативной массе и созревающем зерне, в результате чего интенсифицируется накопление в зерновках запасных белков, что ухудшает пивоваренные свойства ячменя. С другой стороны, при недостатке в почве доступных растениям форм фосфора и калия формируется низкий урожай зерна, но очень часто с повышенным содержанием белков [8, 9, 11, 13, 18].

В современных технологиях выращивания пивоваренного ячменя также находят применение фиторегуляторы, которые способны направленно воздействовать на физиолого-биохимические процессы в вегетирующих растениях и созревающем зерне и в конечном итоге повышать зерновую продуктивность растений ячменя, а также улучшать технологические свойства зерна. В ходе исследований установлено, что под влиянием регуляторных веществ возможно повышение урожайности ячменя за счёт возрастания массы зёрен и увеличение показателя экстрактивности зерна, а также улучшение свойств солода. Важное значение имеет изучение регуляторных веществ, понижающих содержание в зерне пивоваренного ячменя белков на фоне внесения азотных удобрений, необходимых для повышения урожайности культуры, но усиливающих синтез запасных белков [3, 7, 12, 14, 16].

Вместе с тем влияние режимов питания растений и фиторегуляторов на формирование пивоваренных свойств зерна ячменя изучено ещё недостаточно. Окончательно не установлена специфика действия на растения указанных факторов в зависимости от природно-климатических условий региона, генотипа растений и режима их водообеспечения. В связи с этим актуальной задачей является обоснование оптимального режима питания растений и применения фиторегуляторов при выращивании современных сортов пивоваренного ячменя с целью получения высококачественного зерна, отвечающего требованиям перерабатывающей промышленности.

Целью наших исследований являлось выяснение влияния режима питания растений и фиторегуляторов на формирование урожая, состав азотистых веществ и качество зерна пивоваренного ячменя при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

Методика исследований

Полевые опыты с ячменём сорта Владимир селекции Московского НИИСХ проводили на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2016–2017 гг. Опыты закладывали методом организованных повторений в 4-кратной повторности, площадь делянки 1 м². Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса – 2,5%. В опыте 2016 г.: рН_{KCl} – 5,8, P₂O₅–190 мг/кг, K₂O – 213 мг/кг (по Кирсанову). В опыте 2017 г.: рН_{KCl} – 6,2, P₂O₅–162 мг/кг, K₂O – 202 мг/кг (по Кирсанову).

Осенью производилась вспашка опытного участка оборотным плугом. Удобрения в виде нитрата аммония, суперфосфата и хлористого калия вносили до посева с последующей перекопкой делянок. Посев проводили из расчёта 6 млн всхожих семян на 1 га.

Опыты включали следующие варианты: 2016 г.: 1 – P₃₀K₃₀; 2 – N₆₀P₃₀K₃₀; 3 – N₉₀P₃₀K₃₀; 4 – N₁₂₀P₃₀K₃₀; 5 – N₆₀P₁₂₀K₃₀; 6 – N₆₀P₃₀K₁₂₀; 7 – N₆₀P₃₀K₃₀ + новосил; 8 – N₆₀P₃₀K₃₀ + эпин. 2017 г.: 1 – P₆₀K₆₀; 2 – N₆₀P₆₀K₆₀; 3 – N₉₀P₆₀K₆₀; 4 – N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5 – N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6 – N₆₀P₁₂₀K₆₀; 7 – N₆₀P₆₀K₁₂₀; 8 – N₆₀P₆₀K₆₀ + новосил; 9 – N₆₀P₆₀K₆₀ + эпин.

Обработку растений фиторегуляторами проводили в фазе колосения ячменя с нормой расхода препаратов: новосил – 40 мг/л, эпин-экстра – 0,005 мг/л рабочего раствора; норма расхода рабочего раствора – 50 мл/м².

В фазе образования первого стеблевого узла отбирали пробы сока из листьев главного побега растений (выборки 2-го листа от колоса) для разработки нового метода диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна ячменя. В опытах определяли зерновую продуктивность растений ячменя, натуру, показатели пивоваренных свойств и фракционного состава белков зерна, активность в зерне ферментов – амилаз и каталаз.

Натуру, экстрактивность, крупность, способность прорастания зерна, содержание в зерне белков и белковых фракций, активность амилаз и каталаз определяли общепринятыми методами [1, 17]. Измерение концентрации аминокислот в соке листьев проводили спектрофотометрически при длине волны 280 нм [10].

Статистическую оценку экспериментального материала выполняли дисперсионным методом с использованием компьютерной программы «Straz» в модификации информационно-вычислительного центра РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева (Версия 2.1, 1989–1991).

Результаты и их обсуждение

В полевом опыте 2016 г. вследствие высокой обеспеченности растений доступными для них формами питательных веществ отмечались довольно высокая зерновая продуктивность растений ячменя и способность прорастания зерновок, но средние показатели натуры, крупности и экстрактивности зерна (табл. 1). Внесение на фоне $P_{30}K_{30}$ дозы азота 60 кг/га существенно увеличило сбор (на 5,7%) и белковистость (до 12,4%) зерна, однако несколько понизило его крупность и натуру. Увеличение дозы азота до 120 кг/га повысило зерновую продуктивность ячменя по сравнению с фоновым вариантом ($P_{30}K_{30}$) на 18,2%, содержание в зерне белков – до 13,2% (что превышает нормативное ограничение 12%), при этом происходило существенное понижение натуры, крупности и экстрактивности зерна.

При усилении фосфорного питания в варианте $N_{60}P_{120}K_{30}$ увеличилась зерновая продуктивность растений ячменя (на 10,4%) и способность прорастания зерна, несколько уменьшился показатель крупности зерновок и понизилась белковистость зерна до 10,6%, которая уже не превышала нормативные требования. Дополнительное внесение калийного удобрения в варианте $N_{60}P_{30}K_{120}$ заметно повысило зерновую продуктивность ячменя (на 16,7%) и инициировало небольшое увеличение показателей натуры, крупности и способности прорастания зерна, но существенно снизило содержание в зерне белков (до 10,2%).

Под воздействием фиторегулятора новосил, которым растения ячменя обрабатывали в фазе колошения, существенно возросла продуктивность растений (на 9,5%), улучшились показатели крупности и способности прорастания зерновок, тогда как несколько уменьшилась натура зерна, при этом белковистость зерна понизилась до 11% и уже не превышала нормативное требование (12%). При обработке растений в фазе колошения фиторегулятором эпин увеличилась зерновая продуктивность ячменя (на 14%) и улучшился показатель способности прорастания зерна, тогда как показатели натуры, крупности, экстрактивности и белковистости зерна не изменились.

В гидротермических условиях 2017 г. (пониженные по сравнению с 2016 г. среднесуточные температуры и большое количество осадков во время вегетации растений, ГТК = 2,3) сформировалось зерно с более высокими показателями натуры, крупности, экстрактивности зерна и низким содержанием в зерне белков (табл. 2). Поскольку в опыте 2017 г. почва имела более низкое содержание подвижных форм фосфора и калия в фоновом варианте были увеличены дозы фосфорно-калийного питания ($P_{60}K_{60}$), что обеспечило такой же уровень урожайности ячменя, как и в опыте

2016 г. При внесении на этом фоне дозы азота 90 кг/га существенно увеличились зерновая продуктивность растений ячменя (на 11,2%) и крупность зерна. Увеличение дозы азота до 150 кг/га инициировало дальнейший рост зерновой продуктивности ячменя (на 44,3%), при этом заметно увеличилось содержание в зерне белков, но оно не превышало нормативное ограничение 12%; была отмечена некоторая тенденция повышения крупности зерновок, тогда как натура зерна несколько снизилась, но оставалась в пределах оптимальных значений.

Таблица 1

Зерновая продуктивность, показатели пивоваренных свойств зерна и концентрация аминокислот в соке листьев ячменя в опыте 2016 г.

Варианты	Урожай зерна, г/м ²	Натура зерна, г/л	Крупность зерна, %	Содержание белков	Экстрактивность	Способность прорастания зерна, %	Концентрация аминокислот в соке листьев, ед. опт. плотности
				% сухой массы зерна			
P ₃₀ K ₃₀	418	650	86,2	9,3	78,9	98,0	0,50
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	442	641	84,2	12,4	77,0	98,2	0,35
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	461	634	82,4	12,7	76,7	98,5	0,29
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₃₀	494	628	76,4	13,2	75,8	98,5	0,23
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₃₀	488	637	82,1	10,6	76,7	99,4	-
N ₆₀ P ₃₀ K ₁₂₀	516	653	85,8	10,2	76,5	99,2	-
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + новосил	484	634	86,3	11,0	76,8	99,3	-
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + эпин	504	639	83,4	12,7	76,7	99,5	-
НСР ₀₅	21	5	1,0	0,5	2,9	1,0	-

На фоне N₆₀P₆₀K₆₀ дополнительное внесение фосфорного удобрения в дозе 60 кг/га действующего вещества существенно не повлияло на продуктивность растений ячменя, содержание в зерне белков, экстрактивность и способность прорастания зерна, но несколько снизило натура и крупность зерна, которые, однако, оставались в пределах оптимальных значений. Внесение на этом же фоне калийного удобрения в дозе 60 кг/га действующего вещества не изменяло продуктивность ячменя, показатели крупности, экстрактивности, белковистости, способности прорастания зерна и несколько снизили его натура.

Под воздействием фиторегулятора новосил зерновая продуктивность растений ячменя увеличилась на 5,8%, а в результате применения эпина – на 9,2%. С другой стороны, под влиянием указанных фиторегуляторов в определенной степени снизились показатели натуры и крупности зерна, а экстрактивность и способность прорастания зерна существенно не изменились. Под влиянием эпина несколько увеличилось содержание в зерне белков.

В полевых опытах на растениях ячменя проведена экспериментальная проверка нового метода диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна, разработанного для пшеницы [10]. С этой целью были отобраны пробы сока листьев

с главных побегов растений ячменя в фазе образования первого стеблевого узла, в которых определяли концентрацию аминокислот по измерению оптической плотности раствора при длине волны 280 нм. В пробы включали вторые листья сверху, в которых уже стабилизировались биохимические процессы.

Таблица 2

Зерновая продуктивность, показатели пивоваренных свойств зерна и концентрация аминокислот в соке листьев ячменя в опыте 2017 г.

Варианты	Урожай зерна, г/м ²	Натура зерна, г/л	Крупность зерна, %	Содержание белков	Экстрактивность	Способность прорастания зерна, %	Концентрация аминокислот в соке листьев, ед. опт. плотн.
				% сухой массы зерна			
P ₆₀ K ₆₀	419	732	96,8	8,9	81,1	98,7	0,60
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	465	730	98,9	9,1	80,4	98,3	0,55
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	505	725	98,4	10,1	80,1	99,3	0,44
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	559	724	98,3	11,7	79,4	98,1	0,42
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	603	719	97,8	11,0	79,0	98,9	0,42
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	469	722	97,4	9,5	80,6	98,7	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	483	721	98,3	9,2	80,3	98,5	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	492	711	97,7	9,4	79,9	99,1	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин	508	712	98,0	9,6	79,7	98,0	-
HCP ₀₅	23	5	0,7	0,5	2,9	0,8	-

Как показали расчеты, концентрация аминокислот в соке листьев тесно коррелирует с дозой вносимого азота, зерновой продуктивностью растений, содержанием в зерне белков, показателями натуры и экстрактивности зерна (табл. 1, 2, 7). При увеличении дозы азота концентрация аминокислот в соке листьев уменьшается, что свидетельствует об активизации ростовых процессов и увеличении потребления аминокислот для синтеза структурных и функционально активных белков.

Под влиянием режима азотного питания и применяемых фиторегуляторов существенно изменялся состав белков зерна и активность ферментов (амилаз и каталаз). В опыте 2016 г. при повышении уровня азотного питания растений отмечалась общая тенденция снижения в зерновках ячменя концентрации водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков и возрастания содержания спирторастворимых белков (гордеинов), тогда как количество глютелинов существенно не изменилось (табл. 3). Дополнительное внесение фосфорного удобрения (вариант N₆₀P₁₂₀K₃₀) несколько увеличило показатель крупности зерна ячменя, а усиление калийного питания (вариант N₆₀P₃₀K₁₂₀) повысило содержание глобулинов. Снижение концентрации водорастворимых белков в зерновках пивоваренного ячменя в определенной степени ухудшает его технологические свойства, так как приводит к уменьшению числа Кольбаха, характеризующего качество получаемого из зерна солода.

**Содержание белковых фракций в зерне ячменя
в опыте 2016 г. (азот фракций в % от белкового азота)**

Варианты	Водораствори- мые белки	Глобулины	Гордеины	Глютелины	Неэкстрагиру- емые белки
$P_{30}K_{30}$	12,6	13,9	29,4	28,0	16,1
$N_{60}P_{30}K_{30}$	9,8	12,8	34,1	28,1	15,2
$N_{90}P_{30}K_{30}$	8,5	11,3	36,7	28,2	15,3
$N_{120}P_{30}K_{30}$	8,0	9,6	40,6	29,4	12,4
$N_{60}P_{120}K_{30}$	9,8	13,4	32,9	28,0	15,9
$N_{60}P_{30}K_{120}$	9,4	14,1	32,3	29,4	14,7
$N_{60}P_{30}K_{30}$ + новосил	6,9	10,1	39,7	29,8	13,8
$N_{60}P_{30}K_{30}$ + эпин	7,2	9,8	39,2	29,9	13,9
HCP_{05}	0,7	0,6	1,9	2,2	0,6

Под действием фиторегуляторов новосил и эпин в условиях вегетации 2016 г. в зерновках ячменя уменьшилось относительное содержание водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков, но заметно увеличилось количество гордеинов.

Во влажных и прохладных условиях вегетации 2017 г. при увеличении дозы азота до 120 кг/га на фоне $P_{60}K_{60}$ отмечалась общая тенденция уменьшения в составе белков зерна ячменя концентрации водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков и повышения содержания гордеинов и глютелинов, тогда как дальнейшее увеличение дозы азота до 150 кг/га практически не влияло на состав белков зерна ячменя (табл. 4). В результате усиления фосфорного (вариант $N_{60}P_{120}K_{60}$) и калийного (вариант $N_{60}P_{60}K_{120}$) питания в зерновках ячменя несколько понизилось содержание водорастворимых и неэкстрагируемых белков и возросла концентрация глютелинов. Кроме того, при усилении калийного питания несколько повысилось содержание глобулинов.

В гидротермических условиях 2017 г. под влиянием фиторегулятора новосил в зерновках ячменя понизилась концентрация водорастворимых белков, глобулинов и глютелинов, но увеличилось содержание гордеинов и неэкстрагируемых белков. При обработке растений ячменя эпином в его зерновках возросла концентрация гордеинов и понизилось относительное содержание водорастворимых белков и глобулинов.

В опыте 2016 г. в результате усиления азотного питания растений ячменя в его зерновках заметно повысилась общая амилазная активность, активность каталаз и α -амилаз, но понизилась β -амилазная активность (табл. 5). В гидротермических условиях 2017 г. в основном наблюдались аналогичные изменения активности амилаз и каталаз в зерновках ячменя в зависимости от уровня азотного питания, но общий уровень амилазной активности был ниже, чем в 2016 г., тогда как каталазной активности – существенно выше (табл. 6). Следует отметить, что увеличение амилазной активности в зерне пивоваренного ячменя положительно влияет на процесс солодоращения, а более высокая каталазная активность зерна улучшает его семенные качества.

Таблица 4

**Содержание белковых фракций в зерне ячменя
в опыте 2017 г. (азот фракций в % от белкового азота)**

Варианты	Водораствори- мые белки	Глобулины	Гордеины	Глютелины	Неэкстрагиру- емые белки
P ₆₀ K ₆₀	11,8	12,8	32,5	27,3	15,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,9	12,0	35,0	28,9	13,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	9,4	11,5	36,7	30,1	12,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	8,3	9,9	38,0	32,2	11,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	8,2	9,4	38,9	32,1	11,4
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	10,1	12,2	33,7	31,8	12,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	9,8	13,0	34,0	31,5	11,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	9,6	11,3	38,7	26,6	13,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин	10,1	9,8	38,4	28,2	13,5
НСР ₀₅	0,7	0,5	1,7	2,0	0,6

Таблица 5

Активность амилаз и каталаз в зерновках ячменя в опыте 2016 г.

Варианты	Общая активность амилаз, мг гидролизованного крахмала за 1 мин в расчете на 1 г зерна	% от общей активности		Активность каталазы, нкат в расчете на 1 г зерна
		α-амилазы	β-амилазы	
P ₃₀ K ₃₀	57,9	6,7	93,3	150
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	71,3	9,4	90,6	180
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	77,3	14,2	85,8	270
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₃₀	84,3	19,5	80,5	330
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₃₀	83,9	13,1	86,9	140
N ₆₀ P ₃₀ K ₁₂₀	91,4	13,9	86,1	150
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + новосил	87,3	18,3	81,7	110
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + эпин	75,4	27,2	72,8	230
НСР ₀₅	3,8	2,5	2,3	13

В опыте 2016 г. при усилении фосфорного и калийного питания наблюдалось повышение общей и α -амилазной активности и понижение активности β -амилаз и каталаз в зерновках ячменя, а в условиях более прохладной и влажной погоды 2017 г. – повышение общей амилазной активности происходило главным образом за счет β -амилаз, тогда как α -амилазная активность понижалась. В этих условиях также понижалась активность каталаз в варианте с более высокой дозой калийного питания.

Под действием фиторегулятора новосила в зерновках ячменя существенно возросла общая активность амилаз, главным образом, за счет усиления α -амилазной активности (табл. 5, 6), а в условиях 2016 г. понизилась активность каталаз. При обработке растений ячменя фиторегулятором эпин в его зерновках возросла общая активность амилаз, а также активность каталаз и α -амилаз.

В проведенных полевых опытах выявлена тесная положительная корреляция концентрации аминокислот в соке листьев ячменя в фазе образования первого стеблевого узла с содержанием в зерне водорастворимых белков, а также тесная отрицательная корреляция с содержанием гордеинов и общей активностью амилаз (табл. 7).

Таблица 6

Активность амилаз и каталаз в зерновках ячменя в опыте 2017 г.

Варианты	Общая активность амилаз, мг гидролизованного крахмала за 1 мин в расчете на 1 г зерна	% от общей активности		Активность каталазы, нкат в расчете на 1 г зерна
		α -амилазы	β -амилазы	
$P_{60}K_{60}$	47,3	7,3	92,7	244
$N_{60}P_{60}K_{60}$	50,8	10,4	89,6	256
$N_{90}P_{60}K_{60}$	58,5	13,3	86,7	276
$N_{120}P_{60}K_{60}$	72,7	13,0	87,0	316
$N_{150}P_{60}K_{60}$	73,3	14,6	85,4	324
$N_{60}P_{120}K_{60}$	55,8	7,8	92,2	244
$N_{60}P_{60}K_{120}$	57,8	8,7	91,3	236
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + новосил	56,0	13,8	86,2	251
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + эпин	58,4	16,2	83,8	271
HCP_{05}	1,0	0,8	0,8	14

Сопоставление результатов полевых опытов показывает, что при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с высокой обеспеченностью элементами питания (5-й класс) более кондиционное зерно ячменя для пивоварения получено в вегетационных условиях 2017 г. (прохладная и влажная погода, ГТК = 2,3): близкие к оптимальным показателям природы и крупности зерна, содержания в зерне белков, на достаточно высоком уровне показатель экстрактивности зерна. В опыте 2016 г. (ГТК = 1,3) зерно ячменя характеризовалось более низкими показателями природы, экстрактивности, крупности, а по содержанию в зерне белков нормативное

ограничение 12% не превышалось только в вариантах без внесения азота и с дополнительным внесением фосфорного и калийного удобрения, а также в варианте с применением фиторегулятора новосил. Вместе с тем в условиях проведенных опытов формировалось зерно с высокой способностью прорастания.

При повышении уровня азотного питания растений ячменя возрастают зерновая продуктивность растений (на 18–44%), общее содержание в зерне белков и концентрация гордеинов, активность α -амилаз и каталазы, но понижается натура зерна, содержание в зерне водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков и активность β -амилаз. Основные показатели, снижающие пивоваренные свойства зерна ячменя при увеличении доз вносимого азота, – повышение белковистости зерна (более 12%), а также уменьшение содержания в зерне водорастворимых белков и показателя экстрактивности зерна (в опыте 2016 г.). В наибольшей степени эти показатели ухудшаются от внесения повышенных доз азота 120–150 кг/га.

В проведенных полевых опытах установлено, что увеличение доз фосфорного и калийного питания до 120 кг/га действующего вещества повышало зерновую продуктивность ячменя в гидротермических условиях 2016 г., которые были близки к среднесуточным показателям, тогда как в условиях повышенной влажности и более низких среднесуточных температур вегетационного периода 2017 г. усиление фосфорно-калийного питания не обеспечивало существенного повышения урожайности ячменя. Последнее связано с тем, что в гидротермических условиях 2017 г. (большое количество осадков) вследствие увеличения потерь азота создавался значительный его дефицит в почве, который ограничивал уровень урожайности ячменя. Вместе с тем при усилении фосфорно-калийного питания наблюдались определенные изменения в формировании качества зерна.

Таблица 7

Коэффициенты корреляции между концентрацией аминокислот в соке листьев, уровнем азотного питания, зерновой продуктивностью растений и показателями качества зерна пивоваренного ячменя

Показатели	Опыт 2016 г.	Опыт 2017 г.
Уровень азотного питания	–0,99	–0,95
Зерновая продуктивность растений	–0,95	–0,92
Натура зерна	0,99	0,92
Содержание в зерне белков	–0,97	–0,91
Экстрактивность зерна	0,99	0,91
Содержание водорастворимых белков	0,99	0,98
Содержание гордеинов	–0,98	–0,96
Общая активность амилаз	–0,99	–0,91
Корреляция достоверна	при $r \geq 0,95$	при $r \geq 0,88$

В опыте 2016 г. показано, что при повышении уровня фосфорно-калийного питания (P_{120} и K_{120}), на фоне возрастания зерновой продуктивности ячменя

наблюдались существенное понижение белковистости зерна и доведение его до нормативных требований (не более 12%), повышение способности прорастания зерна и активности α -амилаз, а также снижение активности β -амилаз и каталаз. В гидротермических условиях 2017 г., когда внесение повышенных доз фосфора и калия вследствие дефицита азота существенно не влияло на урожайность ячменя, усиление фосфорно-калийного питания увеличивало содержание в его зерновках глютелинов и активность β -амилаз, но уменьшало массу зерна, концентрацию водорастворимых и неэкстрагируемых белков, активность α -амилаз, что в определенной степени ухудшало пивоваренные свойства зерна.

По результатам проведенных опытов установлено, что при обработке растений ячменя в фазе колошения растворами фиторегуляторов новосил и эпин повышается их зерновая продуктивность (соответственно на 5,8–9,5% и 9–14%), содержание в зерновках гордеинов и активность α -амилаз, но уменьшается содержание в зерне водорастворимых белков, глобулинов и активность β -амилаз. Учитывая, что эпин может повышать концентрацию белков в зерне ячменя на фоне внесения азотного удобрения (в опыте 2017 г.), а новосил способен уменьшать этот показатель (в опыте 2016 г.), рассматривается возможность использования последнего для повышения зерновой продуктивности растений ячменя и понижения белковистости зерна до нормативного уровня.

В ходе исследований, связанных с измерением концентрации аминокислот в соке листьев в фазе образования первого стеблевого узла, выяснено, что этот показатель тесно коррелирует с дозой вносимого азота, продуктивностью растений и показателями качества зерна пивоваренного ячменя (масса и экстрактивность зерна, общее содержание в зерне белков, содержание водорастворимых белков и гордеинов, общая активность амилаз). На основе этих данных может быть обосновано использование указанного показателя для диагностики азотного питания и прогнозирования уровня урожайности и пивоваренных свойств зерна ячменя, а также возможного применения фиторегулятора новосила для понижения белковистости зерна.

Выводы

1. В полевых опытах установлено, что при выращивании пивоваренного ячменя на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с высокой обеспеченностью элементами питания (5-й класс) более кондиционное для пивоварения зерно с оптимальными показателями массы, крупности, способности прорастания и содержания белков формируется в условиях влажной и прохладной погоды ($ГТК = 2,3$).

2. Под влиянием возрастающих доз азота повышаются зерновая продуктивность растений ячменя (на 18–44%), общее содержание в зерновках белков и концентрация гордеинов, активность α -амилаз и каталаз, но понижаются масса зерна, содержание в зерне водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков и активность β -амилаз, в результате чего ухудшаются пивоваренные свойства зерна. В наибольшей степени эти показатели ухудшаются при внесении повышенных доз азота – 120–150 кг/га.

3. В условиях достаточной обеспеченности растений ячменя азотом увеличение доз фосфорного и калийного питания повышает их зерновую продуктивность, способность прорастания зерна и активность α -амилаз, снижает активность β -амилаз и каталаз, а также белковистость зерна, доводя его до нормативных требований (не более 12%).

4. При обработке растений ячменя в фазе колошения фиторегуляторами новосил и эпин существенно повышается их зерновая продуктивность (на 5,8–14%),

концентрация в зерновках гордеинов и активность α -амилаз, но уменьшается содержание водорастворимых белков, глобулинов, активность β -амилаз. Показано, что фиторегулятор новосил в благоприятных для накопления белков гидротермических условиях и режиме азотного питания способен понижать концентрацию белков в зерне пивоваренного ячменя.

5. При измерении концентрации аминокислот в соке листьев ячменя в фазе образования первого стеблевого узла, выяснено, что этот показатель тесно коррелирует с дозой вносимого азота, продуктивностью растений и качественными характеристиками зерна. На основе полученных данных обосновывается возможность использования рассматриваемого показателя для диагностики азотного питания и прогнозирования уровня урожайности и качества зерна пивоваренного ячменя.

Библиографический список

1. Беркутова Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
2. Витол И.С., Бобков А.А., Карпиленко Г.П. Углеводно-амилазный комплекс и технологические показатели качества пивоваренного ячменя, выращенного в условиях Нечерноземья // Известия ВУЗов. Пищевая технология, 2007, № 2. – с. 24–27.
3. Витол И.С., Карпиленко Г.П. Белково-протеиназный комплекс ячменя, выращенного на разном агрофоне с применением препаратов регуляторного действия // Прикладная биохимия и микробиология, 2007, т. 43, № 3. – с. 356–364.
4. Горпинченко Т.В., Аниканова З.Ф. Качество ячменя для пивоварения // Пиво и напитки, 2002, № 1. – с. 18–22.
5. Гулидова В.А. Особенности возделывания ячменя для производства солода // Зерновое хозяйство, 2001, № 3. – с. 26–29.
6. Ермолаева Г.А. Характеристика пивоваренного ячменя и требования к его качеству // Пиво и напитки, 2004, № 5. – с. 16–17.
7. Карпиленко Г.П., Шаненко Е.Ф., Витол С.Б. Комплексное влияние агрофона и регуляторов метаболизма на качество пивоваренного ячменя // Зерновое хозяйство, 2004, № 8. – с. 12–14.
8. Кириллова Г.Б., Жуков Ю.П. Качество ячменя при применении различных доз удобрений на дерново-подзолистой почве // Агрехимия, 2003, № 12. – с. 33–37.
9. Новиков Н.Н. Биохимия растений. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 680 с.
10. Новиков Н.Н. Новый метод диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна пшеницы // Известия ТСХА, 2017, в. 5. – с. 29–40.
11. Новиков Н.Н., Мякиньюков 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 // Известия ТСХА, 2009, в. 3. – с. 65–73.
12. Новиков Н.Н., Мякиньюков А.Г., Сычев Р.В. Влияние фиторегуляторов на формирование урожая и пивоваренных свойств зерна ячменя при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // Известия ТСХА, 2011, в. 3. – с. 78–88.
13. Новиков Н.Н., Мякиньюков А.Г., Сычев Р.В. Формирование пивоваренных свойств зерна ячменя в зависимости от уровня азотного питания при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // Доклады ТСХА, 2011, в. 283. – с. 452–455.
14. Новиков Н.Н., Шатилова Т.И., Романова Е.В. Влияние фиторегуляторов на формирование пивоваренных свойств зерна ячменя в условиях Центрально-Черноземного района // Плодородие, 2015, № 4(85). – с. 24–26.

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

16. Персикова Т.Ф., Сергеева И.И. Применение регуляторов роста и бакпрепаратов на посевах ячменя и гороха // *Плодородие*, 2006, № 1. – с. 19–20.

17. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1985. – 255 с.

18. Шатилова Т.И., Карпиленко Г.П., Витол С.Б., Шаненко Е.Ф., Эль-Регистан Г.И. Влияние регуляторов метаболизма на белково-протеиназный комплекс ячменя, выращенного на разном агрофоне // *Известия ТСХА*, 2005, № 3. – с. 82–90.

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

20. Watanabe Y., Miura S., Yukawa T., Takenaka S. Effects of plant hormones on Pythium snow rot resistance of barley // *Japan. J. Crop Science*, 2008, v.77, № 1. – p. 78–83.

INFLUENCE OF NUTRITION MODE AND PHYTOREGULATORS (NOVOSIL, EPIN) ON GRAIN QUALITY AND PROTEINS COMPOSITION OF BREWING BARLEY GROWN ON SOD-PODZOLIC SOIL

N.N. NOVIKOV, N.YE. SOLOVYEVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Field experiments with brewing barley carried out on sod-podzolic medium-loamy soil found that the raising doses of nitrogen application increase the grain yield of barley (by 18–44%), total protein content and hordein concentration in grain, α -amylase and catalase activity. On the other hand, there was a decrease in the grain unit, globulins, the content of water soluble and non-extractable proteins, and β -amylase activity resulting in negative effect on brewing qualities of barley grain. Sufficient nitrogen nutrition accompanied by increased rates of phosphorus and potassium increased the grain productivity of barley, seed germinating ability, α -amylase activity, but decreased β -amylase and catalase activity and grain protein content ensuring the normative level (less than 12%) that resulted in improved brewing qualities of grain. Basing on experimental data the authors advocate the feasibility of applying novosil phyto regulators for raising the grain productivity of brewing barley and reducing its grain protein content on the background of nitrogen fertilizer application. The authors determined correlations between the concentration of tyrosine in the leaf juice in the phase of the first stem node formation, nitrogen application rates, crop productivity and technological parameters of grain. This indicates the effectiveness of using this indicator to diagnose nitrogen nutrition and forecast the grain quality of brewing barley.

Key words: brewing barley, nutrition mode, phyto regulators, plant productivity, protein composition, grain quality, amylase and catalase activity.

References

1. Berkutova N.S. Metody otsenki i formirovaniye kachestva zerna [Methods of evaluation and formation of grain quality]. – М.: Rosagropromizdat, 1991. 206 p. (In Russian)

2. Vitol I.S., Bobkov A.A., Karpilenko G.P. Uglevodno-amilaznyy kompleks i tekhnologicheskiye pokazateli kachestva pivovarennogo yachmenya, vyrashchennogo

v usloviyakh Nechernozem'ya [Carbohydrate-amylase complex and technological quality characteristics of malting barley grown in the conditions of Non-Chernozem region] // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya, 2007, no. 2. Pp. 24–27. (In Russian)

3. *Vitol I.S., Karpilenko G.P.* Belkovo-proteinaznyy kompleks yachmenya, vyrashchennogo na raznom agrofone s primeneniyyem preparatov regul'yatornogo deystviya [Protein-proteinase complex of barley grown on different agricultural background with the use of regulatory action products] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya, 2007, vol. 43, no. 3. Pp. 356–364. (In Russian)

4. *Gorpinchenko T.V., Anikanova Z.F.* Kachestvo yachmenya dlya pivovareniya [Brewing barley quality] // Pivo i napitki, 2002, no. 1. Pp. 18–22. (In Russian)

5. *Gulidova V.A.* Osobennosti vozdeystviya yachmenya dlya proizvodstva soloda [Specific features of barley cultivation for malt production] // Zernovoye khozyaystvo, 2001, no. 3. Pp. 26–29. (In Russian)

6. *Yermolayeva G.A.* Kharakteristika pivovarennogo yachmenya i trebovaniya k yego kachestvu [Characteristics of brewing barley and its quality requirements] // Pivo i napitki, 2004, no. 5. Pp. 16–17. (In Russian)

7. *Karpilenko G.P., Shanenko Ye.F., Vitol S.B.* Kompleksnoye vliyaniye agrofona i regul'yatorov metabolizma na kachestvo pivovarennogo yachmenya [Integrated effect of soil fertility and metabolism regulators on brewing barley quality] // Zernovoye khozyaystvo, 2004, no. 8. Pp. 12–14. (In Russian)

8. *Kirillova G.B., Zhukov Yu.P.* Kachestvo yachmenya pri primeneniye razlichnykh doz udobreniy na dernovo-podzolistoy pochve [Barley quality and the application of fertilizers at various rates on sod-podzolic soil] // Agrokhimiya, 2003, no. 12. Pp. 33–37. (In Russian)

9. *Novikov N.N.* Biokhimiya rasteniy [Plant biochemistry]. – M.: LENAND, 2014. 680 p. (In Russian)

10. *Novikov N.N.* Novyy metod diagnostiki azotnogo pitaniya i prognozirovaniya kachestva zerna pshenitsy [New method of nitrogen nutrition diagnostics and forecasting grain quality of wheat] // Izvestiya TSKHA, 2017, vol. 5. Pp. 29–40. (In Russian)

11. *Novikov N.N., Myakin'kov A.G., Sychev R.V.* Formirovaniye pivovarennykh svoystv zerna yachmenya sorta Mikhaylovskiy v zavisimosti ot urovnya azotnogo pitaniya pri vyrashchivaniy na dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve [Formation of brewing properties of the Mikhailovskiy barley variety depending on the level of nitrogen nutrition when grown on sod-podzolic medium-loamy soil] // Izvestiya TSKHA, 2009, vol. 3. Pp. 65–73. (In Russian)

12. *Novikov N.N., Myakin'kov A.G., Sychev R.V.* Vliyaniye fitoregul'yatorov na formirovaniye urozhaya i pivovarennykh svoystv zerna yachmenya pri vyrashchivaniy na dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve [Effect of phyto regulators on the formation of yield and brewing properties of barley grain when grown on sod-podzolic medium-loamy soil] // Izvestiya TSKHA, 2011, vol. 3. Pp. 78–88. (In Russian)

13. *Novikov N.N., Myakin'kov A.G., Sychev R.V.* Formirovaniye pivovarennykh svoystv zerna yachmenya v zavisimosti ot urovnya azotnogo pitaniya pri vyrashchivaniy na dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve [Formation of brewing properties of barley grain depending on the level of nitrogen nutrition when grown on sod-podzolic medium-carbon soil] // Doklady TSKHA, 2011, vol. 283. Pp. 452–455. (In Russian)

14. *Novikov N.N., Shatilova T.I., Romanova Ye.V.* Vliyaniye fitoregul'yatorov na formirovaniye pivovarennykh svoystv zerna yachmenya v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo rayona [Effect of phyto regulators on the formation of brewing properties of barley grain in the conditions of the Central Chernozem region] // Plodorodiye, 2015, no. 4(85). Pp. 24–26. (In Russian)

15. *Pasynkov A.V.* Urozhaynost' i pivovarennyye kachestva razlichnykh sortov yachme nya v zavisimosti ot doz i sootnosheniya azotnykh i kaliynykh udobreniy [Yield and brewing quality of different varieties of barley depending on the application rate and the ratio of nitrogen and potash fertilizers] // *Agrokhimiya*, 2002, no. 7. Pp. 25–31. (In Russian)

16. *Persikova T.F., Sergeyeva I.I.* Primeneniye regulyatorov rosta i bakpreparatov na posevakh yachmenya i gorokha [Application of growth regulators and bacterial preparations on barley and pea crops] // *Plodorodiye*, 2006, no. 1. Pp. 19–20. (In Russian)

17. *Pleshkov B.P.* Praktikum po biokhimii rasteniy [Workshop on plant biochemistry]. – M.: Kolos, 1985. 255 p. (In Russian)

18. *Shatilova T.I., Karpilenko G.P., Vitol S.B., Shanenko Ye.F., El'-Registan G.I.* Vliyaniye regulyatorov metabolizma na belkovo-proteinaznyy kompleks yachmenya, vyrashchennogo na raznom agrofone [Effect of metabolic regulators on the protein-proteinase complex of barley grown at different soil fertility] // *Izvestiya TSKHA*, 2005, no. 3. Pp. 82–90. (In Russian)

19. *Abeledo L.G., Calderini D.F., Slafer G.A.* Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley // *Euphytica*, 2003, vol. 133. Pp. 291–298. (In English)

20. *Watanabe Y., Miura S., Yukawa T., Takenaka S.* Effects of plant hormones on Pythium snow rot resistance of barley // *Japan. J. Crop Science*, 2008, vol. 77, no. 1. Pp. 78–83. (In English).

Новиков Николай Николаевич – д.б.н., проф. кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (499) 976-29-71, +7 (499) 976-16-60; e-mail: tshanovikov@gmail.com

Соловьева Нюргюяна Егоровна – аспирантка кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (499) 976-29-71, +7 (499) 976-16-60; e-mail: nurguyana.s@mail.ru

Nikolai N. Novikov – DSc (Bio), Professor, the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7 (499) 976-29-71, +7 (499) 976-16-60; e-mail: tshanovikov@gmail.com.

Nurguyana Ye. Solovyeva – postgraduate student, the Department of Agronomic, Biological Chemistry, and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7 (499) 976-29-71, +7 (499) 976-16-60; e-mail: nurguyana.s@mail.ru.