УДК 633.11.004.12 321:631.811.1

КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОРЕГУЛЯТОРОВ

Н.Н. Новиков, д.б.н., А.А. Жарихина, РГАУ – МСХА

В опытах с мягкой яровой пшеницей, проведенных на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, установлено, что при повышении уровня азотного питания пшеницы увеличиваются стекловидность и натура зерна, масса 1000 зёрен, содержание в зерне клейковины, но возрастает активность α-амилаз и ухудшаются реологические свойства клейковины. Некорневая азотная подкормка пшеницы в фазе начала формирования зерна увеличивает накопление в нём клейковины и снижает активность α-амилаз. Выявлено положительное действие на технологические свойства зерна фиторегуляторов Эпин-экстра и Альбита при их применении в фазе колошения.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, оптимизация азотного питания, фиторегуляторы, качество зерна, активность амилаз.

Главные факторы снижения качества зерна пшеницы при её выращивании в Нечернозёмной зоне – неблагоприятные гидротермические условия во время созревания зерна и недостаточное питание растений азотом. При влажной и прохладной погоде зерно формируется с низким содержанием белков и клейковины, ухудшаются реологические свойства клейковины, возможно «стекание» и скрытое прорастание зерна. Высокие температуры и засуха в период налива зерновок инициируют раннее прекращение оттока веществ из листьев, что может стать причиной щуплости и ухудшения технологических свойств зерна пшеницы [1, 5, 7, 12].

В опытах по изучению действия удобрений на урожайность и качество зерна хлебопекарной пшеницы установлено, что для формирования высококачественного зерна с улучшенными технологическими свойствами необходим такой режим питания растений, при котором достигается оптимальное соотношение азота с фосфором и калием. При дефиците азота понижаются как продуктивность растений, так и накопление в зерновках запасных белков [6, 7, 11, 13, 14].

Исследованиями многих авторов показано, что на формирование урожая пшеницы существенно влияют фиторегуляторы, которые вызывают интенсификацию физиолого-биохимических процессов в вегетирующих растениях и созревающем зерне [4, 8, 10]. Однако действие фиторегуляторов на формирование качества зерна пшеницы изучено недостаточно. Выявлен небольшой набор регуляторных веществ и не определена специфика их действия на растения с учётом гидротермических условий года, а также режима питания растений.

Цель наших исследований – изучение действия факторов внешней среды, уровня азотного питания растений и фиторегуляторов на формирование урожая и качества зерна мягкой яровой пшеницы в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны.

Методика. Мелкоделяночные опыты с мягкой яровой пшеницей сорта Иволга проводили на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева в 2010-2011 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса – 2,4-2,5 %, P_2O_5 (по Кирсанову) – 22, K_2O (по Масловой) – 16 мг/100 г почвы, $pH_{сол.}$ 5,8. Площадь делянок 1 м², повторность опыта пятикратная, норма высева – 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Схема опыта по изучению азотного питания пшеницы включала следующие варианты: 1 – без внесения азота ($P_{20}K_{20}$); 2 – N_{60}; 3 – N_{90}; 4 – N_{120}; 5 – N_{150}; 6 – N_{120} + N_{30} (некорневая подкормка); 7 – N_{150} + N_{30} (некорневая подкормка). Основную дозу азота вносили до посева в виде аммиачной селитры, некорневую азотную подкормку пшеницы проводили раствором мочевины в фазе начала формирования зерна.

На фоне внесения дозы азота 150 кг/га изучали действие фиторегуляторов Альбит, Эпин-экстра, Новосил и Рибав-экстра. Обработку растений пшеницы фиторегуляторами проводили в фазе колошения при следующих концентрациях рабочего раствора: Эпин – 0,003, Рибав – 0,01, Альбит – 0,003, Новосил – 0,006 мл/л; расход рабочего раствора – 30 мл/м^2.

Оценку технологических показателей зерна осуществляли стандартными методами [2]. Состав белков изучали фракционированием по Осборну, активность амилолитических ферментов – методом йодкрахмальной пробы [9]. Для диагностики азотного питания растений в соке листьев определяли концентрацию свободных аминокислот [7]. Диагностику проводили с использованием пробы вегетативной массы, которая включала второй лист сверху, взятый с главных побегов растений в фазе выхода в трубку при образовании первого стеблевого узла. Статистическую обработку экспериментального материала выполняли по Б.А. Доспехову [3] с использованием компьютерных программ в модификации информационно-вычислительного центра РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева.

Результаты исследований и их обсуждение. В острозасушливом 2010 г. растения пшеницы подверглись действию не только сильного вододефицитного стресса, но и экстремально высоких температур во время созревания зерна, поэтому сбор зерна был невысоким – 134-256 г/м². Однако даже в таких условиях наблюдалось положительное действие азота, внесённого до посева. При увеличении дозы азота до 150 кг/га наблюдалось существенное повышение продуктивности растений с 134 до 236 г/м² (табл. 1). В результате прибавка урожая от максимальной дозы азота составляла 76 % по отношению к контролю (без внесения азота). Поздняя некорневая азотная подкормка не влияла на продуктивность растений пшеницы.

1. Зерновая продуктивность, физико-химические свойства зерна и концентрация аминокислот в соке листьев пшеницы

Вариант опыта	Урожай зерна, г/м²	Стекловидность, %	Натура, г/л	Масса 1000 Зёрен, г	Сырая клейковина,%	ИДК, ст. ед.	Концентрация аминокислот в соке листьев, ед. оптической плотности
Без внесения азота	134/201	82/80	661/710	26,8/	25,7/24,4	70/70	0,73/0,64
N_{60}	157/210	85/83	673/721	27,2/30,5	25,9/25,3	73/70	0,65/0,60
N_{90}	175/254	86/80	682/731	28,5/33,7	27,6/25,8	78/65	0,59/0,53
N_{120}	210/281	87/86	694/728	28,4/36,1	28,5/27,1	78/70	0,56/0,50
N_{150}	236/296	92/85	708/748	30,7/38,4	30,0/27,8	80/75	0,53/0,50
N_{120}+ $N_{30\ в\ подк.}$	215/285	87/83	702/738	28,6/35,5	31,8/29,7	80/75	-
N_{150}+ $N_{30\ в\ подк.}$	240/283	90/87	707/751	29,7/38,2	33,5/30,5	81/75	-
N_{150}+Альбит	247/302	88/87	715/750	30,7/38,5	29,2/27,8	80/75	-
N_{150}+Рибав	243/315	87/86	710/752	29,5/38,8	30,1/28,3	80/80	-
N_{150}+Эпин	256/310	85/83	718/754	29,8/38,2	28,6/28,0	73/70	-
N_{150}+Новосил	230/295	88/85	707/748	30,5/38,1	30,0/27,5	80/80	-
$НСР_{05}$	14/15	5/5	5/5	2,2/2,1	2/2	5/5	-

Примечание. В числителе данные за 2010 г., в знаменателе – за 2011 г.

Хотя фиторегуляторы применяли в фазе колошения для воздействия на физиолого-биохимические процессы в созревающем зерне, связанные с формированием его качества, получена существенная прибавка урожая пшеницы от применения фиторегулятора Эпин-экстра. Положительное действие этого регулятора связано, очевидно, с его влиянием на функционирование клеточных мембран растений, в результате чего повышается их устойчивость к вододефицитному и высокотемпературному стрессам.

При увеличении дозы азота повышаются стекловидность и натура зерна, масса 1000 зёрен, возрастает содержание клейковины, но наблюдается некоторое ухудшение реологических свойств клейковины (увеличение показателя ИДК). В варианте с дозой азота 150 кг/га по сравнению с контролем (без внесения азота) стекловидность зерна увеличивается на 10%, натура – на 47 г/л, масса 1000 зёрен – на 3,9 г, содержание сырой клейковины – на 4,3%, однако наблюдается ослабление клейковины на 10 единиц ИДК. Зерно с содержанием сырой клейковины более 28% (отвечает требованиям к сильной пшенице) сформировалось при дозах азота 150 и 120 кг/га. Однако качество клейковины (II группа) не отвечало требованиям к сильной пшенице.

Некорневая азотная подкормка в фазе начала формирования зерна не оказала существенного влияния на стекловидность и натуру зерна, а также на массу 1000 зёрен, но повышала содержание в зерне сырой клейковины на 3,3-3,5% без изменения её реологических свойств. Альбит несколько увеличивал натуру зерна, Эпин-экстра понижал стекловидность, но увеличивал натуру зерна и улучшал реологические свойства клейковины, переводя её в I группу качества.

В более благоприятном по погодным условиям 2011 г. сбор зерна в опыте превышал показатели 2010 г. в среднем на 30 %. Увеличение дозы азота до 150 кг/га обеспечило существенное повышение продуктивности растений пшеницы с 201 до 296 г/м², при этом прибавка урожая составляла 47 %. Поздняя некорневая азотная подкормка, как и в опыте 2010 г., существенно не влияла на продуктивность растений пшеницы. В условиях вегетации 2011 г. отмечено слабое действие на продуктивность пшеницы фиторегулятора Эпин-экстра и более сильное действие Рибав-экстра.

При повышении уровня азотного питания в опыте 2011 г. увеличились стекловидность (на 5-6%), натура зерна (на 38 г/л), масса 1000 зёрен (на 9,9%), содержание сырой клейковины (на 3,4%); ослабление клейковины было минимальным – 5 ед. ИДК. Во всех вариантах опыта сформировалась клейковина I и II групп качества. Под влиянием поздней некорневой подкормки существенно не изменялись стекловидность и натура зерна, масса 1000 зёрен; содержание сырой клейковины повышалось на 2,6-2,7% без существенного изменения её реологических свойств. Под действием фиторегуляторов Рибав-экстра и Новосил отмечалось небольшое ослабление клейковины, а под влиянием Эпин-экстра - увеличение натуры зерна и укрепление клейковины.

Увеличение дозы азота, вносимого до посева, повышало уровень α-амилазной активности в зерне, что отрицательно влияло на хлебопекарные свойства зерна. Особенно заметно это было в варианте с дозой азота 150 кг/га (табл. 2). При некорневой азотной подкормке пшеницы мочевиной существенно снижалась активность α-амилаз за счёт некоторого увеличения β-амилазной активности, которое обычно не вызывает ухудшения хлебопекарных свойств зерна. Понижение уровня α-амилазной активности в зерне пшеницы отмечалось также в варианте с применением Альбита.

2. Активность амилаз в зерне пшеницы, мг гидролизованного крахмала/мг белка за 1 час (2010 г.)

Вариант опыта	Активность			α-амилаза	β-амилаза
	Общая амилаз	α-амилаз	β-амилаз	% от общей активности	
Без внес. азота	20,2	1,3	18,9	6,4	93,5
N_{60}	21,7	1,5	20,2	6,9	93,0
N_{90}	20,6	1,9	18,7	9,2	90,7
N_{120}	23,8	2,1	21,7	8,8	91,1
N_{150}	24,5	3,4	21,1	13,8	86,1
N_{120}+ $N_{30\ в\ подк.}$	24,7	1,1	23,6	4,4	95,5
N_{150}+ $N_{30\ в\ подк.}$	25,8	1,5	24,3	5,8	94,1
N_{150}+Альбит	24,4	2,3	22,1	9,4	90,5
N_{150}+Рибав	24,7	2,8	21,9	11,3	88,6
N_{150}+Эпин	23,9	3,2	20,7	13,3	86,6
N_{150}+Новосил	24,5	2,8	21,7	11,4	88,5
$НСР_{05}$	0,6	-	-	-	-

Для отработки нового способа диагностики азотного питания и прогнозирования величины и качества урожая зерна пшеницы [7] в соке листьев (второй лист сверху на главном побеге растения) определяли концентрацию аминокислот, отражающих интенсивность синтеза структурных и функционально активных белков в ходе роста и развития растений. При низком уровне азотного питания растений интенсивность синтеза белков и ростовых процессов ослабляется, в результате концентрация свободных аминокислот в соке листьев возрастает. Повышение уровня азотного питания растений изменяет ход указанных процессов в обратном направлении, поэтому концентрация аминокислот в соке листьев уменьшается.

В опытах двух лет показано (см. табл. 1), что изменение концентрации аминокислот в соке листьев достаточно хорошо отражает уровень азотного питания растений пшеницы, коэффициенты корреляции (r в 2010 г. – 0,99, в 2011 г. – 0,96) данного показателя с дозой азота составляли. Кроме того, установлено, что концентрация аминокислот в соке листьев тесно коррелирует с уровнем урожайности пшеницы (r = – 0,95 в 2010 г., r = – 0,97 в 2011 г.), натурой зерна (r = – 0,96 в 2010 г., r = – 0,85 в 2011 г.), массой 1000 зёрен (r = – 0,87 в 2010 г., r = – 0,96 в 2011 г.), содержанием в зерне сырой клейковины (r = – 0,92 в 2010 г., r = – 0,93 в 2011 г.), активностью амилаз (r = – 0,80 в 2010 г.).

В целом при сопоставлении результатов исследований в опытах 2010 и 2011 гг. можно отметить, что при повышении дозы азота до 150 кг/га возрастают содержание в зерне сырой клейковины (на 3,4-4,3%), стекловидность (на 5-10%) и натура зерна (на 38-47 г/л), масса 1000 зерен (на 3,9-9,9 г/л), но происходят ослабление клейковины (на 5-10 ед. ИДК) и увеличение активности в зерне α-амилаз. Поздняя некорневая азотная подкормка растений пшеницы мочевиной повышала содержание в зерне сырой клейковины на 2,6-3,5% и понижала активность α-амилаз в зерне до минимального уровня.

В условиях вододефицитного и высокотемпературного стресса в период созревания зерновок пшеницы выявлено положительное действие фиторегулятора Эпин-экстра при обработке растений в фазе колошения, который повышал (на 8%) продуктивность растений, увеличивал натуру зерна и улучшал реологические свойства клейковины. Под действием этого фиторегулятора указанные технологические показатели улучшались также в условиях более благоприятного 2011 г. В стрессовых условиях 2010 г. отмечалось увеличение натуры и понижение α-амилазной активности зерна под действием фиторегулятора Альбита.

Полученные в опытах коэффициенты корреляции между концентрацией аминокислот в соке листьев, дозами азота, продуктивностью растений и технологическими показателями зерна свидетельствуют о том, что по результатам анализа сока листьев можно проводить диагностику азотного питания и прогнозировать уровень урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы.

Заключение. В мелкоделяночных опытах, проведенных на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны, установлено, что при повышении уровня азотного питания пшеницы увеличиваются показатели стекловидности и натуры зерна, масса 1000 зёрен, содержание в зерне клейковины (на 3,4-4.3%), но в сформировавшихся в таких условиях зерновках повышается активность α-амилаз и ухудшаются реологические свойства клейковины. Проведение поздней некорневой азотной подкормки мочевиной в вариантах с высоким уровнем азотного питания увеличивает накопление в зерне клейковины (на 2.6-3,5%) и снижает активность α-амилаз, в результате чего улучшаются технологические свойства зерна.

Выявлено положительное действие фиторегуляторов на формирование качества зерна мягкой яровой пшеницы при их применении в фазе колошения. Под действием Эпин-экстра увеличивается натура зерна и улучшаются реологические свойства клейковины. Фиторегулятор Альбит увеличивает натуру зерна и снижает активность α-амилаз в зерне, которое формировалось в условиях повышенных температур и вододефицитного стресса.

В ходе исследований установлено, что изменение концентрации аминокислот в соке листьев зависит от уровня азотного питания растений пшеницы и тесно коррелирует с уровнем её урожайности, натурой зерна, массой 1000 зёрен, содержанием в зерне сырой клейковины, стекловидностью зерна, а также с активностью амилаз в зерне. Полученные в опытах результаты свидетельствуют о том, что по анализу сока листьев можно проводить диагностику азотного питания и прогнозировать уровень урожайности и качества зерна мягкой яровой пшеницы.

Литература

1. *Бебякин В.М., Старичкова Н.И., Дорогобед А.А.* Качество зерна пшеницы в зависимости от сорта и условий его произрастания// Зерновое хозяйство.- 2003.- №3.- С. 22-24.
2. *Беркутова Н.С.* Методы оценки и формирования качества зерна.- М.: Росагропромиздат, 1991.- 206 с.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).- М.: Агропромиздат, 1985.- 351 с.
4. *Завалин А.А., Сергалиев Н.Х.* Влияние условий азотного питания и физиологически активных веществ на формирование величины и качества урожая зерна яровой пшеницы// Агрохимия.- 2000.- №1. С. 23-29.
5. *Мелешкина Е.П.* Развитие системы оценки качества пшеницы для повышения хлебопекарных свойств муки// Автореферат на соискание учёной степени доктора технических наук.- М., 2006.- 52 с.
6. *Минеев В.Г., Павлов А.Н.* Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы.- М.: Колос, 1981.- 188 с.
7. *Новиков Н.Н.* Формирование урожая и качества зерна хлебопекарной пшеницы при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве// Известия ТСХА, 2010, вып. 1.
8. *Новиков Н.Н., Войесса Б.В.* Формирование качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта, условий выращивания и уровня азотного питания// Известия ТСХА.- 1994.- №4.- С. 14-29.
9. *Плешков Б.П.* Практикум по биохимии растений.- М.: Колос, 1985.- 255 с.
10. *Шаповал О.А. и др*. Регуляторы роста растений в практике сельского хозяйства.- М.: ВНИИА, 2009.- 60 с.
11. *Albert E., Jauert R., Zerche S.* Computergestutzle Stickstoffdunggung des wintergetreides//Tag.– Ber./ akad. Land wirtsch – wiss DDR, Berlin. – 1989. – Bd.275.
12. *Laegreid M., Bockman O.C., Karstand O*. Agriculture, fertilizers and the environment. – New York: CABI publishing, 1999.
13. *Muller S., Vielemeyer H.P., Vanselow G., Jauert R.* Operative bemessung der N-Dungung im wintergetreidebau//Getreidewirtschaft. – 1985. – № 46.
14. *Strong W.M.* Effect of late application of nitrogen on the yield and protein content of wheat. «Australian J. exp. Agric. Anim. Husb», 1982, v. 222, №114-115, p. 54-61.

SPRING WHEAT GRAIN QUALITY DEPENDING ON THE NITROGEN NUTRITION LEVEL AND THE APPLICATION OF PHYTOREGULATORS ON LOAMY SODDY-PODZOLIC SOIL

N.N. Novikov, A.A. Zharikhina
Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences
ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia, E-mail: Ali_bau1@mail.ru

In field experiments on loamy soddy-podzolic soil, it was shown that high-quality spring soft wheat grain could by obtained at the nitrogen application rate lower than 150 kg/ha. The nitrogen fertilizer improved the technological properties of grain (increased grain vitreousness, weight of 1000 grains, and gluten content), but it also increased α-amylase activity in growing seeds and decreased the elasticity of grain gluten. Nitrogen spray dressing in the beginning of seeds formation increased the content of gluten and decreased the α-amylase activity. A positive effect of phytoregulators Epin-Extra and Albit on the technological properties of grain was revealed at their application at the earing stage.

Keywords: spring soft wheat, optimization of nitrogen nutrition, phytoregulators, grain quality, amylase activity.