

Содержание белка и клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы в зависимости от накопления азота в растениях в условиях Оренбургского Приуралья*

И.Н. Бесалиев, д.с.-х.н., Г.Н. Сандакова, к.т.н., А.Л. Панфилов, к.с.-х.н., ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

В Оренбургской области яровая мягкая пшеница является основной зерновой культурой, на долю

которой приходится около 50% площадей, занятых яровыми культурами. За последние годы наблюдается снижение качества зерна данной культуры [1], что вызвано как изменением погодных условий, так и нарушением агротехнических приёмов возделывания.

* Исследование выполнено в соответствии с планом НИР на 2018–2020 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН № 0761-2019-0004

В связи с этим разработка вопросов, связанных с повышением качества яровой мягкой пшеницы, является актуальной задачей в области.

Как известно, большое влияние на качество урожая оказывают условия, складывающиеся в первой половине вегетации [2]. Образование большой вегетативной массы с высоким содержанием азота создаёт внутренний его запас, который в дальнейшем используется для накопления белка в зерне. При низком содержании азота в растениях в период колошения — цветение даже активное поглощение азота из почвы не гарантирует получения зерна с высоким содержанием белка.

В неблагоприятных условиях недостаток веществ, поступающих из корневой системы и фотосинтезирующих органов, может компенсироваться за счёт реутилизации их из вегетативных органов.

Известно, что для нормального роста и развития зерновых культур азот необходим с ранних фаз вегетации. При дефиците азота в этот период образуется недостаточная листовая поверхность, снижаются темпы прироста биомассы, что отражается на величине и качестве урожая [3, 4].

По мнению некоторых авторов, около 2/3 белка в зерне пшеницы синтезируется в результате оттока из вегетативных органов азотистых веществ, накопленных в них к началу цветения (реутилизированный или вторичный азот), а 1/3 — за счёт потребления азота корневой системой в период формирования, налива и созревания зерна (экзогенный или первичный азот). При этом на долю азота этих двух источников большое влияние могут оказывать погодные условия вегетационного периода, сортовые особенности и агротехнические приёмы возделывания [5].

Исследования сортовых особенностей интенсивности накопления пластических веществ и доли их реутилизации необходимы как для разработки приёмов регулирования распределения веществ с целью максимального накопления их в зерновках и обеспечения стабилизации урожая и качества, так и для определения тестов оценки селекционного материала при создании новых сортов [6].

Цель исследования заключалась в выявлении зависимости содержания в зерне белка и клейковины от накопления и распределения азотистых веществ в вегетативных и репродуктивных органах четырёх сортов яровой мягкой пшеницы разных экологических групп на двух фонах обработки почвы в различные по погодным условиям годы.

Материал и методы исследования. Исследование проведено в 2016–2018 гг. в центральной зоне Оренбургского Приуралья на чернозёме обыкновенном, среднемощном, среднегумусном. Обработка почвы проводилась осенью предшествующего года: вспашка — плугом ПН-4-35, безотвальное рыхление — стойками СибИМЭ на глубину 25–27 см.

Изучались сорта: Учитель, Оренбургская 23 (разновидность *albidum*) оренбургской селекции, Тулайковская золотистая (разновидность *lutescens*) самарской селекции степного экотипа и сорт Ульяновская 105 (разновидность *lutescens*) лесостепного экотипа.

Посев в 2016 г. был проведён 28 апреля, в 2017 и 2018 гг. — 6 и 8 мая. Способ посева — сплошной рядовой сеялкой СН-16; норма высева семян — 4,5 млн всхожих семян на 1 га; глубина посева — 6–8 см. Сорта в опыте размещены по типу рендомизированных блоков, повторность 4-кратная. Учётная площадь делянки составляет 148,5 м². Постановка полевого опыта, наблюдения и исследования проведены по методике Б.А. Доспехова [7].

Для определения содержания азота в вегетативных и генеративных органах с каждого варианта было отобрано по 25 растений в фазы колошения и полной спелости [8]. Степень реутилизации азота рассчитана балансовым методом как уменьшение его абсолютного содержания в вегетативных органах за период налива зерна в процентах к максимальному содержанию. Содержание азота и сырого протеина в растениях определялось согласно ГОСТу 13496.4-93 [9], количество и качество клейковины в зерне пшеницы — по ГОСТу Р54478-2011 [10].

Полученные данные обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа, связь содержания азота с погодными факторами, содержанием белка и клейковины осуществлялась методом парного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа с помощью программы Statistica 10.

Результаты исследования. Условия вегетации яровой мягкой пшеницы соответствовали засушливому типу погоды степной зоны с колебаниями ГТК от 0,42 ед. в 2018 г. до 0,60 ед. в 2017 г. Первый период вегетации (посев — колошение) в 2016 и 2018 гг. был сильно засушливым, с ГТК равным 0,67–0,53 ед., и умеренно засушливым в 2017 г. при ГТК, равном 0,79 ед. За этот период общее количество азота, накопленное в вегетативных органах (листьях, стебле и колосе), составляло в среднем 5,86% (по вспашке) и 5,60% (по безотвальному рыхлению). Наблюдались существенные различия в накоплении азота различными органами растений. Наибольший вклад в накопление азота по обоим видам обработки почвы внесли листья (42–40%), наименьший — стебель (20–24%), на колос пришлось 38–36%.

Отмечены существенные различия в накоплении азота по годам. Так, в остро засушливом 2016 г. суммарное содержание азота в листьях, стебле и колосе было наименьшим (5,18%), разница с 2017 и 2018 гг. составляла соответственно по вспашке 1,07–0,96%, по безотвальному рыхлению — 0,64–0,62% (НСР=0,57%) (табл. 1). В данный год значительно меньше было накоплено азота в колосе по обоим видам обработки почвы.

1. Содержание азота в вегетативных органах и в зерне яровой мягкой пшеницы в зависимости от условий лет и приёмов обработки почвы

Год	Колошение				Полная спелость			
	содержание азота, %							
	лист	стебель	колос	сумма	лист	стебель	полова	зерно
вспашка								
2016	2,29	1,19	1,70	5,18	0,97	0,74	1,34	1,88
2017	2,43	1,32	2,50	6,25	0,75	0,38	0,92	2,30
2018	2,65	1,01	2,48	6,14	0,89	0,60	1,45	2,80
Среднее	2,46	1,17	2,23	5,86	0,87	0,57	1,24	2,33
безотвальное рыхление								
2016	2,27	1,09	1,82	5,18	1,14	0,79	0,98	1,98
2017	2,19	1,54	2,09	5,82	0,92	0,48	1,24	2,34
2018	2,29	1,41	2,10	5,80	0,84	0,45	1,16	2,64
Среднее	2,25	1,35	2,00	5,60	0,97	0,57	1,13	2,32
НСР ₀₅ (А)*	0,29	0,34	0,23	0,57	0,26	0,21	0,40	0,27
НСР ₀₅ (В)**	0,21	0,24	0,16	0,40	0,18	0,15	0,28	0,19

Примечание: *Фактор А – содержание азота по годам в вегетативных органах, в зерне; **Фактор В – содержание азота в зависимости от способов обработки почвы

2. Содержание азота в вегетативных органах и в зерне различных сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от приёмов обработки почвы

Сорт	Колошение				Полная спелость			
	содержание азота, %							
	лист	стебель	колос	сумма	лист	стебель	полова	зерно
вспашка								
Учитель	2,21	1,12	2,04	5,37	0,86	0,45	1,09	2,40
Тулайковская золотистая	2,26	1,34	1,73	5,33	0,89	0,80	1,57	2,48
Оренбургская 23	2,33	1,22	2,07	5,62	0,80	0,57	1,14	2,05
Ульяновская 105	3,05	0,98	3,09	7,12	0,91	0,44	1,15	2,40
Среднее	2,46	1,17	2,23	5,06	0,87	0,57	1,24	2,33
безотвальное рыхление								
Учитель	2,41	1,10	2,11	5,61	0,95	0,52	1,01	2,11
Тулайковская золотистая	2,22	1,23	2,04	5,49	0,90	0,57	1,28	2,46
Оренбургская 23	2,09	1,31	1,81	5,21	0,95	0,58	1,08	2,23
Ульяновская 105	2,28	1,76	2,03	6,07	1,07	0,61	1,16	2,47
Среднее	2,25	1,35	2,00	5,59	0,97	0,57	1,13	2,32

Выявлены средние и высокие нелинейные корреляционные связи ($\eta_{yx}=0,63-0,89$) погодных факторов межфазного периода кушение – колошение с азотом в колосе и стебле.

Определены параметры погодных факторов, способствующие максимальному накоплению азота в вегетативных органах. При этом оптимальные значения погодных параметров для максимального количества азота в колосе (2,12–2,19%) и в стебле (1,35–1,46%) несколько различались. Для колоса значения максимальной температуры были равны 24,9°C, ГТК – 0,55 ед., для стебля – соответственно 24,2°C и 0,69 ед. Дальнейшее повышение максимальной температуры воздуха до 26,3°C и резкое снижение гидротермического коэффициента до 0,23 ед. способствовали снижению содержания азота в колосе до 1,47%, в стебле – до 1,0%. Высокая засушливость данного периода отрицательно сказалась на накоплении эндогенного азота.

Виды обработки почвы также оказали влияние на накопление азота в органах пшеницы. Отмечена существенная разница в накоплении азота в колосе

в среднем за рассматриваемые годы по вспашке – 2,23%, по безотвалному рыхлению – 2,0% (НСР=0,16%). Лишь в 2016 г. в условиях сильной засухи наблюдалось большее накопление азота в колосе у всех сортов по безотвалному рыхлению зяби. Данный вид обработки почвы обеспечил большую устойчивость растений к засухе.

Сравнение сортов разных экотипов выявило значительное преимущество сорта лесостепного экотипа Ульяновская 105 в накоплении азота по вспашке 7,12%, по безотвалному рыхлению – 6,07% против 5,62% и 5,58% соответственно у сортов степного экотипа. Данный сорт более отзывчив на виды обработки почвы, так, по вспашке значительно больше азота он накапливает в листьях и колосе, и меньше в стебле, чем по безотвалному рыхлению (табл. 2).

Среди сортов степного экотипа сорта Учитель и Тулайковская золотистая содержат больше азота на фоне безотвалного рыхления зяби за счёт увеличения его в колосе и листе, а у сорта Оренбургская 23 количество азота увеличивается

на фоне вспашки также за счёт роста количества данного элемента в колосе и листе.

Во втором периоде вегетации (колошение – полная спелость) наблюдалась очень низкая влагообеспеченность (ГТК=0,27–0,41 ед.). Погодные условия рассматриваемых лет в значительной мере отразились на степени реутилизации азота из вегетативных органов в зерно, наименьшей она была в 2016 г. – 38,4% по вспашке и 35,8% по безотвальному рыхлению, максимальной – в 2017 г. – 68,9 и 63,0% соответственно, достаточно высокой в 2018 г. – 55,3 и 58,3%.

В 2016 г. дефицит осадков сопровождался почвенной и атмосферной засухой, которая способствовала преждевременному пожелтению листьев нижнего яруса и меньшему накоплению азота в зерне – на 0,42–0,36 по вспашке и на 0,92–0,66% по безотвальному рыхлению в сравнении с 2017–2018 гг. Этим, видимо, объясняется невысокий процент реутилизации азота из вегетативных органов в 2016 г. Содержание белка и клейковины в данный год было самым низким – 10,36 и 22% соответственно по вспашке и 11,06 и 23% по безотвальному рыхлению.

Известно, что энергичная эвакуация азота из надземной вегетативной части начинается лишь с фазы полного формирования зерна и длится до тестообразной восковой спелости [11]. В 2018 г. повышенная температура воздуха, низкая относительная влажность воздуха, умеренное увлажнение в данный период вегетации положительно сказались на накоплении азота в зерне, содержании белка и клейковины – 2,77; 15,79; 32% по вспашке и 2,58; 14,69; 30% по безотвальному рыхлению.

В 2017 г. умеренная температура воздуха и ГТК=0,74 ед. способствовали снижению накопления азота в зерне до 2,26%, содержания белка и клейковины до 12,90 и 27% по вспашке и соответственно до 2,30; 13,12 и 27% по безотвальному рыхлению. Но при этом в данном году наблюдалась относительно высокая реутилизация азота из вегетативных органов.

По накоплению азота в зерне выделился сорт Тулайковская золотистая, существенная разница с сортом Оренбургская 23 составляла по вспашке 0,43% (НСР=0,27%), с сортом Учитель по безотвальному рыхлению – 0,35%.

По содержанию в зерне белка и клейковины в среднем существенных различий по видам обработки почвы не выявлено (табл. 3).

Наблюдались сортовые различия по данным показателям. Так, по вспашке наименьшее содержание белка и клейковины наблюдалось у сорта Оренбургская 23, наибольшее – у сильного сорта Тулайковская золотистая. Существенная разность по белку между Тулайковской золотистой и сортами Учитель и Оренбургская 23 составляла по вспашке 0,46–2,47%, по безотвальному рыхлению – 2,03–1,33% соответственно (НСР=1,60%). Существует мнение, что высокобелковые сорта отличаются более длительным функционированием самых верхних листьев, высоким уровнем оттока азота из нижерасположенных листьев, а также разной способностью развивающихся зерновок синтезировать белок. У сорта Учитель отмечена разность по содержанию белка по видам обработки почвы, по вспашке превышение по белку составляло 1,67%, у сорта Оренбургская 23 по безотвальному рыхлению – 1,04%.

Выявлены сильные нелинейные корреляционные связи ($\eta_{yx}=0,78–0,86$) содержания азота, накопленного за первый период вегетации посев – колошение в вегетативных (листья, стебель, колос) органах с содержанием белка и клейковины в зерне (рис. 1). Определено оптимальное содержание азота в данных органах, способствующее формированию высокого содержания белка и клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы.

Высокое содержание белка (13,76–14,04%) формируется в зерне, если к колошению будет накоплено азота в листьях не менее 2,46, в стебле – 1,52, в колосе – 3,28% при суммарном содержании азота в вегетативных органах 6,40% и степени реутилизации азота 61,0%.

Высокое содержание клейковины в зерне (28–30%) можно получить при условии, если содержание азота в листьях к колошению будет не менее 2,46, в стебле – 1,53, в колосе – 2,77%, при суммарном содержании азота в вегетативных органах 6,42% и степени реутилизации азота 61,0% (рис. 2).

Выводы. Содержание белка и клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы в значительной степени коррелирует с накоплением азота и его распределением по органам в первой половине вегетации. В засушливых условиях первой половины вегетации степень реутилизации снижается

3. Содержание белка и клейковины в зерне различных сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от приёмов обработки почвы

Сорт	Содержание, %			
	белок	клейковина	белок	клейковина
	вспашка		безотвальное рыхление	
Учитель	13,68	28	12,01	25
Тулайковская золотистая	14,14	29	14,04	29
Оренбургская 23	11,67	25	12,71	27
Ульяновская 105	13,68	28	14,08	29
Среднее	13,26	28	13,13	27

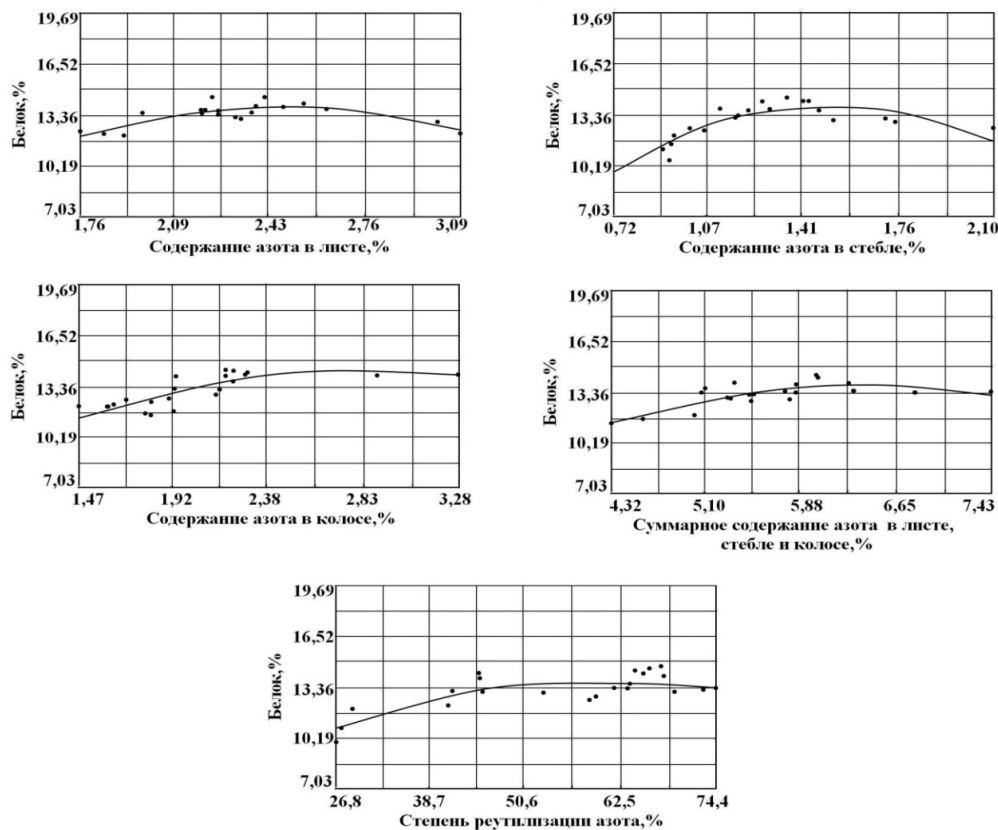


Рис. 1 – Зависимость содержания белка в зерне яровой мягкой пшеницы от накопления азота в вегетативных органах в колосение

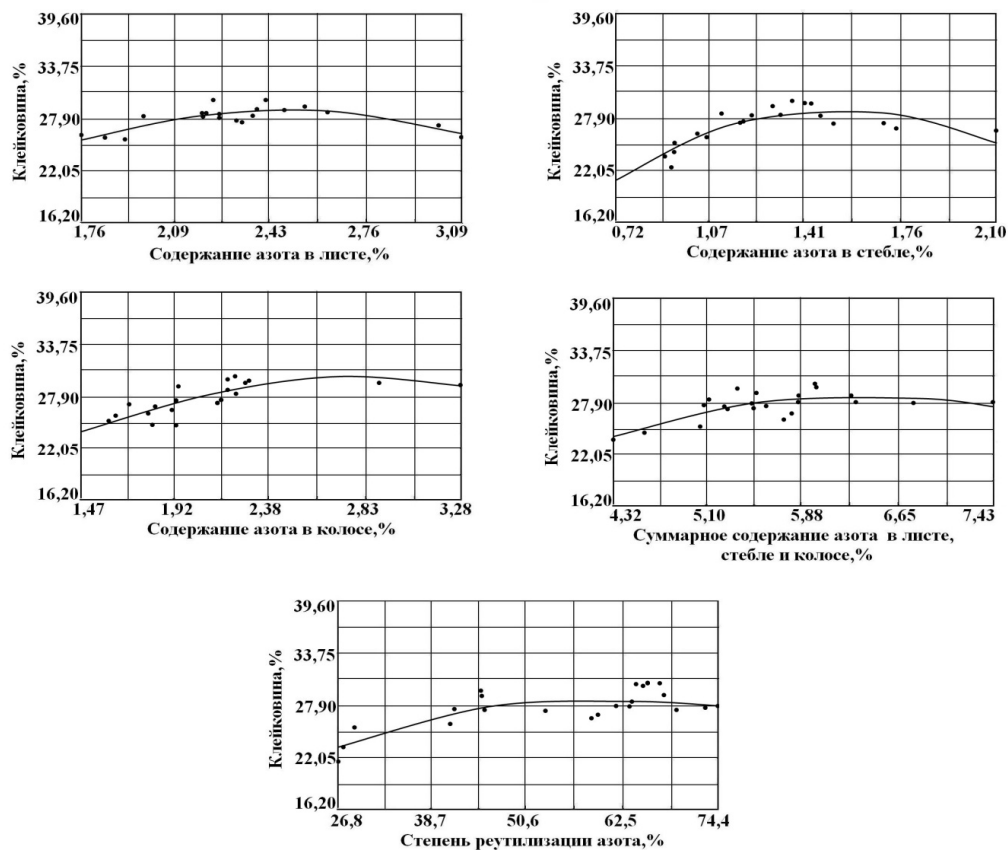


Рис. 2 – Зависимость содержания клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы от накопления азота в вегетативных органах в колосение

вследствие подсыхания вегетативных органов. В достаточно благоприятных условиях периода вегетации количество реутилизованного азота составляет 69%. Оптимальный показатель реутилизации составляет 61%. Фон безотвального рыхления зяби способствует большему накоплению азота в органах яровой мягкой пшеницы в первой половине вегетации в условиях сильной засухи. Сорты лесостепного экотипа Ульяновская 105 и степного экотипа Тулайковская золотистая отличаются повышенным накоплением азота в вегетативных органах и, как следствие, высоким содержанием белка и клейковины в зерне.

Литература

1. Сандакова Г.Н., Крючков А.Г. Научное обоснование зон оптимального размещения производства и глубокой переработки высококачественного зерна яровой пшеницы в степи Южного Урала. Оренбург: ООО «Агентство «Пресса», 2012. 224 с.
2. Кумаков В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии. М.: Росагропромиздат, 1988. 104 с.
3. Минеев В.Г. Агрохимия. М.: МГУ, 2004. 753 с.
4. Куришбаев А.К., Рамазанова Р.Х., Касипхан А. Влияние азотных удобрений на накопление сухого вещества и потребление азота растениями яровых тритикале и пшеницы на темно-каштановых почвах Акмолинской области // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2017. № 3 (94). С. 22–29.
5. Пасынкова Е.Н., Завалин А.А. Роль колоса, листьев, стеблевых узлов и междоузлий в накоплении белка в зерне яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК, 2012. № 9. С. 27–29.
6. Фризен Ю.В., Берген В.Г. Интенсивность накопления пластических веществ и доля реутилизации веществ яровой твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (11). С. 15–19.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Котляр Л.Е., Кумаков В.А. Источники поступления азота в зерно яровой пшеницы // Физиология растений. 1983. Т. 30. Вып. 4. С. 744–752.
9. ГОСТ 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина.
10. ГОСТ Р 54478 – 2011 Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице.
11. Коновалов Ю.Б. Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы и ячменя. М.: Колос, 1981. 176 с.