

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ ДОЗАХ И СПОСОБАХ ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. Чухина, к.с.-х.н., Вологодская ГМХА, Ю.П. Жуков, д.с.-х.н., РГАУ–МСХА, Г.Н. Быков, ГОНО «Куркино»

Представлены результаты исследований по влиянию возрастающих доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Выявлено, что удобрения обеспечивали в годы исследований 69% урожайности зерна пшеницы, внесение под яровую пшеницу N_{60} повышало урожайность сортов по сравнению с фоном (РК). При выращивании короткостебельного высокобелкового сорта Иргина для получения зерна, отвечающего хлебопекарным свойствам, дозы азотных удобрений должны быть не менее 60-90 кг/га.

Ключевые слова: сорта, пшеница, азотные, фосфорные, калийные удобрения, урожайность, сырой белок, клейковина.

Для наращивания отечественного производства продовольственного зерна необходим поиск новых агротехнических приемов и технологий, обеспечивающих получение продукции, отвечающей требованиям хлебопекарной промышленности. Среди элементов технологии важнейшее значение принадлежит условиям азотного питания, так как только при достаточном снабжении растений этим элементом можно получить высококачественное зерно. Однако при высокой цене на азотные удобрения особое значение имеет поиск оптимальных доз и способов их применения, позволяющих получить максимальный эффект, рационально использовать потенциал растений и имеющиеся ресурсы.

Разные сорта сельскохозяйственных культур неодинаково отзываются на удобрения вообще [1] и на уровень азотного питания зерновых культур в частности. Для эффективного выращивания продуктивных и высокобелковых сортов яровой пшеницы необходим научно обоснованный подход к условиям азотного питания растений для максимальной реализации их продуктивности и формирования зерна высокого качества.

Цель исследований - выявить отзывчивость на разные дозы и способы внесения азотных удобрений различных сортов яровой пшеницы в почвенно-климатических условиях Вологодской области.

Методика. Метеорологические условия в годы проведения опыта различались по количеству осадков и сумме среднесуточных температур воздуха за вегетационный период. Оценивая погодные условия вегетационных периодов по показателю ГТК, можно отметить, что 1999 г. характеризовался как засушливый, в 2000 г. ГТК был близок к многолетнему значению, в 2001 г. также наблюдался дефицит осадков. Такие погодные условия оказали определенное воздействие на рост и развитие растений и в итоге на формирование величины и качества урожая, а также на эффективность использования азотных удобрений, так как реализация потенциальной продуктивности растений существенно зависит от биоклиматического потенциала территории.

Опыты проводили в ГОНО «Куркино» Вологодского района Вологодской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, характеризующейся следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} 5,3-5,6, Hg -2,1-2,3, S - 8,2-9,1 мг-экв/100 г, V - 80-85%, $N_{общ.}$ - 0,17-0,19%, гумус- 2,40-2,50%, $N_{мин.}$ - 9,6-13,6, подвижные формы P_2O_5 - 114-121, K_2O - 91-101 мг/кг. Образцы почвы отбирали ежегодно весной, в них определяли: гумус – по Тюрину, pH солевой вытяжки - потенциометрически, подвижные P_2O_5 и K_2O - по Кирсанову, азот – по

Кьельдалю – Йодельбауеру, гидролитическую кислотность – по Каппену; сумму поглощенных оснований – по Каппену – Гильковицу.

В опытах испытывали два длинностебельных сорта Русо и Приокская и два короткостебельных сорта Крепыш и Иргина. Двухфакторные опыты закладывали методом расщепленных делянок. На делянках первого порядка изучали дозы и способы внесения азотных удобрений, второго - сорта. Размещение делянок - систематическое, повторность опыта – 4-кратная. Площадь делянок: посевная 60 м² (12 x 5), учетная 40 м² (10 x 4). Дозы азотных удобрений изучали на фоне $P_{30}K_{45}$ с целью оптимизации фосфорного и калийного режима почв и возмещения выноса урожаем этих элементов. Дозы азотных удобрений 60 и 90 кг/га вносили до посева, а также в два срока: 60 кг/га до посева и 30 кг/га в подкормку в фазе трубкования яровой пшеницы. Использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий. Предшественником яровой пшеницы во все годы проведения опытов был картофель, идущий после озимых зерновых.

Агротехника изучаемых сортов яровой пшеницы была общепринятой для данного региона и включала зяблевую вспашку, весеннее боронование, предпосевную культивацию в два следа. Посев с междурядьями 15 см проводили во второй декаде мая. Семена перед посевом протравливали витатиурамом из расчета 2,0 кг препарата на 1 т семян. Для защиты от сорняков в фазе кушения посев обрабатывали лонтрелом (2 кг/га) в смеси с 2,4-Д (0,4 кг/га).

Урожай убирали прямым комбайнированием. Урожайность зерна приводили к стандартной влажности. Соотношение основной и побочной продукции определяли по пробному снопу, отобранному перед уборкой урожая.

В фазы цветения и полной спелости отбирали образцы растений для изучения нарастания биомассы, поступления азота в растения и определения качества зерна.

Образцы, отобранные в фазе полной спелости, выдерживали 2 нед для полного оттока питательных веществ в зерно, затем взвешивали. Колосья обмолачивали вручную и определяли массу 1000 зерен по ГОСТУ 10842-76. В растительных образцах общепринятыми методами определяли: общий азот – по Кьельдалю, сырой белок - расчетным методом по содержанию общего азота с использованием коэффициента пересчета 5,7, клейковину - отмыванием, индекс деформации клейковины – на приборе ИДК-73М.

Статистическую обработку результатов проводили на персональном компьютере с использованием пакетов статистической обработки данных STAT.

Результаты и их обсуждение. В год с резким недостатком атмосферных осадков (1999) снижалась роль удобрений и возрастало значение сорта. Это, вероятно, связано с генетическими особенностями сортов, способными реализовать потенциальную продуктивность в условиях дефицита осадков [2,4,5,6]. При более высоком значении ГТК (1,55 в 2000г.) роль азотного удобрения возрастала. Оценивая в целом влияние условий вегетационного периода на вариабельность продуктивности, можно констатировать, что с увеличением ГТК возрастало влияние удобрений при снижении влияния сорта (табл.1).

1. Влияние разных факторов на продуктивность сортов яровой пшеницы

Фактор	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее за 3 года
А (сорт)	21,32	2,95	16,09	13,45
В (удобрения)	59,86	81,35	64,63	68,61
АВ (взаимодействия)	7,70	6,15	2,55	5,47
Случайные	11,12	9,55	16,73	12,47

Колебания урожайности зерна, в среднем за 3 года, обусловленные сортовыми особенностями составили 13,45%, дозами и способами внесения удобрений - 68,61, а взаимодействием изучаемых факторов - 5,47%, т.е. меньше, чем от случайных (табл. 1).

Роль удобрений и сорта зависела от метеорологических показателей конкретного года.

За годы исследований сорт Русо, а иногда и Приокская формировали значительно больший урожай зерна, чем короткостебельные Крепыш и Иргина (табл.2).

2. Урожайность зерна сортов яровой пшеницы в зависимости от влияния азотного удобрения, ц/га

Вариант опыта	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Средняя
<i>Русо</i>				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон (Ф)	18,2	16,1	22,8	19,0
2. Ф+N ₆₀	25,1	24,3	30,6	26,7
3. Ф+N ₉₀	25,5	25,6	33,1	28,1
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	25,7	25,8	32,3	27,9
<i>Приокская</i>				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон (Ф)	18,6	17,6	23,6	19,9
2. Ф+N ₆₀	20,3	23,3	28,2	23,9
3. Ф+N ₉₀	21,0	21,6	30,6	24,4
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	22,3	23,0	30,7	25,3
<i>Крепыш</i>				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон (Ф)	17,3	16,0	19,8	17,7
2. Ф+N ₆₀	22,0	21,4	26,8	23,4
3. Ф+N ₉₀	25,0	23,5	28,0	25,5
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	24,7	23,8	29,3	25,9
<i>Иргина</i>				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон (Ф)	16,4	14,3	18,85	16,4
2. Ф+N ₆₀	20,4	22,7	25,5	22,9
3. Ф+N ₉₀	21,4	23,4	27,2	24,0
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	21,7	25,7	28,4	25,3
P ₀₅ , %	3,4	3,8	4,8	8,6
НСР: общ.	2,1	2,3	4,8	5,7
сорт	1,0	1,2	1,8	2,8
удобр.	1,1	1,2	1,8	2,9

Допосевная доза азота 60 кг/га во все годы увеличивала по сравнению с фоном урожайность всех сортов на 5 - 8 ц/га. При этом более высокие прибавки формировались в годы с достаточным количеством осадков в фазы активного роста и налива зерна.

Увеличение допосевной дозы азота с 60 до 90 кг/га не способствовало росту урожайности, как правило, всех сортов яровой пшеницы.

У всех сортов пшеницы дробное внесение азотных удобрений (60 кг/га до посева и 30 кг/га в подкормку), как правило, не изменяло сбор зерна по сравнению с суммарной дозой, внесенной до посева.

Урожайность соломы зависела от сорта пшеницы, и была выше у длинностебельных сортов Русо и Приокская (на 1/3 или даже на 1/2), по сравнению с короткостебельными. За счет азотных удобрений урожайность соломы всех сортов возрастала, при этом с повышением дозы с 60 до 90 кг/га существенного роста не происходило, также как и при дробном внесении удобрений.

Урожай соломы увеличивался во всех вариантах с ростом гидротермического коэффициента более единицы.

Хозяйственный коэффициент (доля зерна в общобиологическом урожае) определялся сортовыми особенностями яровой пшеницы и дозой азотных удобрений. Минимальный хозяйственный коэффициент (0,37-0,39) характерен для длинностебельных сортов, что является генотипическими особенностями

пшеницы [2]. Короткостебельные сорта Крепыш и Иргина формируют максимальную долю зерна в общем урожае ($K_{хоз} = 0,43-0,50$), при этом более высокое значение этого показателя у сорта Иргина. У всех сортов применение азотных удобрений повышало долю зерна в общобиологическом урожае, что связано с изменением донорно-акцепторных отношений между колосом и вегетативной массой [3, 7].

Содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы определялось сортовыми особенностями и применением удобрений (табл.3).

3. Влияние азотного удобрения на содержание в зерне сырого белка и сырой клейковины, %

Вариант опыта	Сырой белок, %				Сырая клейковина, %			
	1999г.	2000г.	2001г.	Средняя	1999г.	2000г.	2001г.	Средняя
Русо								
1	7,7	7,7	7,4	7,6	16,4	18,7	15,2	16,8
2	9,1	9,0	9,0	9,0	21,6	19,5	20,4	20,5
3	9,2	9,1	10,4	9,6	23,8	22,2	20,3	22,1
4	9,3	10,3	9,3	9,6	24,3	25,0	22,4	23,9
Приокская								
1	7,1	8,4	8,2	7,9	17,6	18,9	16,4	17,6
2	9,6	9,7	8,7	9,3	22,4	22,1	20,9	21,8
3	10,0	11,2	10,1	10,4	24,0	22,8	22,3	23,0
4	10,8	11,1	10,5	10,8	25,8	22,9	23,2	24,0
Крепыш								
1	9,0	9,1	8,4	8,8	23,6	22,1	20,2	22,0
2	10,1	10,2	10,0	10,1	24,3	23,8	20,9	23,0
3	10,7	11,0	11,3	11,0	25,8	27,2	23,1	25,4
4	11,3	11,6	11,9	11,6	29,8	27,3	24,1	27,1
Иргина								
1	10,1	10,1	9,7	10,0	19,4	23,0	22,1	21,5
2	11,6	12,0	11,6	11,7	27,7	23,1	23,2	24,7
3	12,8	12,5	12,5	12,6	28,2	29,0	25,3	27,5
4	12,8	13,3	12,7	12,9	29,4	29,6	26,8	28,6
					P, % 4,4			
НСР: общ. 2,9, сорт 1,4, удобрения 1,5								

Минимальное содержание белка наблюдалось в зерне сортов Русо и Приокская, короткостебельным сортам Крепыш и Иргина свойственно более высокое содержание белка, причём под влиянием азотных удобрений оно значительно возрастало. Увеличение доз с 60 до 90 кг/га и дробное внесение удобрений, как правило, также повышало содержание сырого белка, а дробное внесение увеличивало белковость у сортов Приокская и Крепыш, у других сортов этого не наблюдалось.

Содержание в зерне сырой клейковины у сортов Русо и Приокская было существенно меньше, чем у сортов Крепыш и Иргина во всех вариантах, причём, в зерне первой группы сортов без азотных удобрений оно было минимальным (16,8-17,6%). При применении под эти сорта N₆₀ содержание сырой клейковины в зерне длинностебельных сортов повысилось до 20,5-21,8%.

При увеличении доз азотных удобрений с 60 до 90 кг/га повысилось содержание сырой клейковины в зерне всех сортов, при этом больше её накапливалось в зерне короткостебельных сортов Крепыш и Иргина. Дробное внесение азота (60 кг/га до посева и 30 кг/га в подкормку) дало положительный эффект только у сортов Русо и Крепыш.

По существующей классификации зерна по содержанию сырой клейковины [3], можно констатировать, что без азотных удобрений у всех сортов зерно соответствует только группе низкого качества (20-25,9%), сюда же относится и зерно длинностебельных сортов Русо и Приокская на всех изучавшихся фонах азотного удобрения. Внесение под сорта Иргина и Крепыш повышенной дозы N₉₀ обеспечило качество зерна, соответствующего среднему классу.

По результатам ИДК клейковину делят на три группы (Вакар, 1975): 1 - хорошая - 45-75; 2 - удовлетворительная от 80 до 100; 3 - неудовлетворительная - 105-120.

Определение этого показателя в зерне яровой пшеницы свидетельствует о том, что его изменения в значительной

степени зависели от погодных условий вегетационного периода (табл.4).

4. ИДК клейковины и масса 1000 зерен яровой пшеницы при внесении азотного удобрения

Вариант опыта	ИДК, ед.			Среднее	Масса 1000 зерен, г			Средняя
	1999	2000	2001		1999	2000	2001	
	г.	г.	г.		г.	г.	г.	
<i>Русо</i>								
1	74	94	67	78	37,7	38,1	40,9	38,9
2	75	100	74	83	41,0	42,3	43,0	42,1
3	83	102	76	87	40,8	42,0	43,8	42,2
4	88	105	75	89	41,3	42,2	44,2	42,6
<i>Приокская</i>								
1	75	94	73	80	37,6	37,8	40,7	38,7
2	73	89	75	79	39,0	41,0	42,3	40,8
3	81	88	77	82	40,3	42,4	43,4	42,0
4	87	95	78	87	40,0	41,2	44,8	42,0
<i>Крепыш</i>								
1	85	96	83	88	46,0	40,1	46,3	44,1
2	76	93	74	81	51,2	45,6	52,0	49,6
3	84	95	78	85	51,0	47,6	53,0	50,6
4	81	93	76	83	52,0	47,2	53,9	51,0
<i>Иргина</i>								
1	64	80	65	70	35,0	36,3	38,1	36,5
2	76	81	64	74	39,5	39,6	41,3	40,1
3	68	90	66	75	39,7	42,8	43,9	42,1
4	72	88	69	76	39,8	46,6	43,6	42,0
Р, % 7,7				Р, % 3,0				
НСР ₀₅ общ. 17,7; НСР ₀₅ сорт 8,8; НСР ₀₅ удобрения 8,7				НСР: общ. 3,6; сорт 1,8; удобрения 1,8				

Влияние погодных условий на изменение ИДК составляло более 60%, влияние сортовых особенностей - около 18%, на долю удобрений приходится менее 4%. В большинстве случаев получаемое зерно яровой пшеницы (трех исследованных сортов) относится ко второй группе (удовлетворительной).

У сорта Иргина ежегодно, кроме 2000 г., клейковина соответствует первой (хорошей) группе качества. Что касается влияния условий азотного питания, то изменение их не отразилось на показателях ИДК.

Масса 1000 зёрен – один из важных показателей, характеризующих физические свойства зерна, его технологическую ценность. Значение его в существенной степени определяется условиями формирования белкового комплекса и накоплением крахмала. Воздействие погодных условий исследованных лет на массу 1000 зёрен было небольшим (см. табл. 4).

Главным же фактором, от которого она зависела, были сортовые особенности пшеницы, вызвавшие до 60,7% изменений.

Отток азота из вегетативных органов в зерно зависел больше от сортовых особенностей пшеницы и меньше от азотного питания и условий года. У длинностебельных сортов при внесении N-удобрения наблюдалась слабая тенденция к возрастанию оттока. Поскольку дозы и сроки внесения азотного удобрения мало влияли на этот показатель, в целом по сортам отток азота из вегетативных органов в зерно достиг у сорта Русо 67,5%, у Приокской 72,5, у Крепыша 75,3 и у Иргины 84,5%, что и обуславливает различное накопление белка в зерне (табл.5).

5. Физиолого-агрохимические показатели, определяющие накопление белка в зерне, (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Полнота оттока азота		Реутилизация	Азотный индекс
	%			
Русо				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон (Ф)	64	67	0,69	
2. Ф+N ₆₀	68	66	0,63	
3. Ф+N ₉₀	68	62	0,60	
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	70	57	0,61	
Приокская				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон	71	62	0,69	
2. Ф+N ₆₀	75	55	0,70	
3. Ф+N ₉₀	73	60	0,70	
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	72	60	0,68	
Крепыш				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон	74	70	0,69	
2. Ф+N ₆₀	75	67	0,70	
3. Ф+N ₉₀	77	68	0,75	
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	75	72	0,74	
Иргина				
1. P ₃₀ K ₄₅ -фон	84	66	0,78	
2. Ф+N ₆₀	84	66	0,80	
3. Ф+N ₉₀	85	63	0,81	
4. Ф+N ₆₀ +N ₃₀	85	60	0,80	

Разный отток азота из вегетативных органов в зерно привёл к неравнозначному распределению этого элемента между вегетативной массой и зерном, оцениваемому по значению азотного индекса. Этот показатель в существенной степени (71%) определялся сортом пшеницы, а влияние удобрений и погодных условий было невелико. Азотный индекс равен 0,63 у сорта Русо, 0,69 у Приокской, 0,72 у Крепыша и 0,80 у сорта Иргины, т.е. короткостебельные сорта характеризуются большей локализацией накопленного азота в зерне. Внесение азотных удобрений под сорта Русо и Приокская снижали азотный индекс, а под короткостебельные способствовали некоторому возрастанию или сохранению этого показателя.

Выводы. 1. Вклад удобрений в формирование прибавки урожайности зерна всех сортов яровой пшеницы составлял 69%, погодных условий вегетационного периода - 13, влияния сорта - 13%. Сорт Русо ежегодно обеспечивал более высокий урожай зерна, чем Крепыш и Иргина. Внесение под яровую пшеницу N₆₀ повышало урожайность всех сортов по сравнению с фоном (РК) на 5 - 8 ц/га, возрастая дозы азота до 90 кг/га в большинстве случаев было неэффективным.

2. Хозяйственный коэффициент (доля зерна в общей биомассе) в большей степени определялся сортовыми особенностями пшеницы (у короткостебельных сортов выше, чем у длинностебельных), влияние азотных удобрений было меньше, чем у всех сортов.

3. Содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы зависело от сортовых особенностей и условий азотного питания. Минимальной белковостью характеризуются сорта Русо и Приокская, короткостебельным сортам Крепыш и Иргина свойственно более высокое накопление белка. Внесение N₆₀ повышало белковость зерна, при увеличении дозы до 90 кг/га, независимо от способов внесения, содержание белка в зерна возрастало. Затраты азота на повышение содержания белка в зерне на 1% оказались больше у сортов Русо и Приокская.

4. Содержание сырой клейковины в зерне определялось уровнем азотного питания и сортовыми особенностями пшеницы. Внесение до посева N₆₀ повышало содержание клейковины в зерне длинностебельных сортов, у короткостебельных сортов такой же уровень был получен без азотных удобрений. Зерно всех сортов без удобрения культуры азотом по содержанию клейковины относится к низкой группе качества. В эту же группу качества входит зерно, полученное у длинностебельных сортов при внесении 60-90 кг/га азота и только при N₉₀ сорта Иргина и Крепыш формировали зерно средней группы качества.

5. При разработке оптимальных доз и способов вносимых удобрений яровой пшеницы дозы азотных удобрений должны дифференцироваться с учетом сортовых особенностей. Для

получения зерна, отвечающего хлебопекарным свойствам, дозы азотных удобрений должны быть не менее 60-90 кг/га при выращивании короткостебельного высокобелкового сорта Иргина. Возделывание других сортов (Русо, Приокская, Крепыш), независимо от уровня удобренности, не обеспечивает получение продовольственного зерна в регионе. Для получения непродовольственного зерна испытывавшиеся дозы азотных удобрений (60-90 кг/га) рациональнее использовать под высокопродуктивные сорта Приокская и Русо.

Литература

1. *Агрохимия*/ Под ред Б.А. Ягодина. – М.: Мир, 2004. – 584с.
2. *Гамзикова О.И.* Генетика агрохимических признаков пшеницы. Новосибирск, 1994.- 220с.
3. *Гужов Ю.Л., Фухс А., Валичек П.* Селекция и семеноводство культурных растений. М: Агропромиздат, 1991.- 463 с.
4. *Жученко А.А.* Проблемы адаптации в современном сельском хозяйстве /С.-х. биология. 1993, № 5.- с.3-35.
5. *Жученко А.А.* Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Пушкино,1994. - 148 с.
6. *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.
7. *Павлов А.Н.* Повышение содержания белка в зерне. М.: Наука, 1984. – 120с.

PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT DEPENDING ON THE NITROGEN FERTILIZER APPLICATION RATES AND METHODS IN THE VOLOGDA OBLAST

O.V. Chukhina¹, Yu.P. Zhukov², G.N. Bykov³

*¹Vereshchagin State Dairy Farming Academy,
ul. Shmidta 2, Molochnoe, Vologda, 160555 Russia*

*²Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow,
127550 Russia*

³GONO Kurkino, Kurkino, Vologda raion, Vologda oblast, 161007 Russia

The effect of increasing application rates of nitrogen fertilizers on the yield and quality of spring wheat grain was studied. It was found that fertilizers provided for 69% of wheat grain yield, and the application of N60 increased the productivity of wheat cultivars compared to the conventional PK fertilization. For the short-stem high-protein cultivar Irgina, the application rates of nitrogen fertilizers should be no lower than 60–90 kg/ha to obtain grain of high baking quality.

Keywords: wheat; cultivars; nitrogen, phosphorus, potassium fertilizers; crop capacity; raw protein; gluten.