

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ

Ш.З. ХАКИМОВ

(Наманганский инженерно-технологический институт)

На светлых сероземных почвах озимая пшеница по чистому пару сильно нуждается в фосфорных удобрениях. Содержание N, P и K в листьях в фазу колошения и соотношение N: P и N: K правильно отражают ее потребность в элементах питания. Оптимальные дозы для получения урожая не обеспечивают получения зерна высокого качества.

Ключевые слова: светлая сероземная почва, озимая пшеница, качество, урожай, потребность, дозы, минеральные удобрения.

Введение

В условиях Ферганской долины влияние уровня минерального питания на урожай и качество озимой пшеницы изучено недостаточно. В исследованиях [13–14] показана связь химического состава растений и их продуктивности с условиями почвенного питания. Изучая влияние удобрений на содержание элементов питания в почве и потребление их растениями озимой пшеницы, можно установить оптимальные условия для формирования ее высокого урожая с хорошим качеством.

Методика исследований

В задачу исследований входило изучение связи между содержанием подвижных элементов питания в почве, химическим составом растений и действием удобрений на урожай и качество озимой пшеницы сорта Санзар-8. Исследования проводились в стационарном опыте, в фермерском хозяйстве «Шохсултон Абдумумин замини», в районе Андижана. Предшественник озимой пшеницы – черный пар. Кроме парных и тройных комбинаций невысоких доз удобрений (N150P105K75 кг/га), были взяты варианты внесения в запас повышенных доз фосфорно-калийных удобрений (P140K100 и P175K125) в сочетании с N200 и N250. Внесение этих доз позволило создать разный уровень минерального питания озимой пшеницы.

Почва Ферганской долины – староорошаемый светлый серозем среднесуглинистого гранулометрического состава. До закладки опыта в 0–30-сантиметровом слое орошаемой сероземной (среднесуглинистой) почвы содержалось: 1,130% гумуса; соответственно 0,118, 0,165 и 1,092% валовых форм NPK; 27,7 мг/кг N-NO₃; 25,5 мг/кг подвижного P₂O₅; 215 мг/кг обменного K₂O.

Варианты опыта заложены в 4-х повторениях, расположение одноярусное, площадь каждой делянки составляла 224 м² (5,6 м x 40 м). Использовались; N_{aa} – аммиачная селитра (34% N); P_{cr} – простой суперфосфат (19% P₂O₅); K_x – хлористый калий (60% K₂O). Урожай зерна и его компоненты определялись с 1 м² разделенной площади после высушивания образцов в термостате 105°C).

Достоверность результатов исследований подтверждена статистической обработкой данных (PROCGLM, ANOVA, LSD Alpha 0.05) с помощью пакета программ SAS9.1 [15].

Данные почвы сформировались в сухом субтропическом предгорном пустынно-пастбищном климате, относятся к адирным типам и находятся на высоте 300–600 м выше уровня моря. По гранулометрическому составу сероземы легкие, песчаные.

Для почв, развитых на аллювиальных породах, в составе много частиц фракции крупной пыли (40–50%), для них свойственно обогащение ($<0,001$) верхних и средних слоев [13].

Азот, фосфор и калий в растительных образцах определяли в одной навеске ускоренным методом [14] с последующим определением азота по Кьельдалю, P_2O_5 – колориметрически, K_2O – на пламенном фотометре. Определение среднесуточного потребления питательных элементов растениями проводили расчетным способом. Содержание клейковины в муке определяли по ГОСТам.

Результаты и их обсуждение

Условия погоды в годы проведения опытов (2019/20 и 2020/21) существенно различались. Наиболее благоприятным был 2020 г. Влажная осень 2019 г. обусловила хорошее развитие озимых, а мягкая зима – хорошую их перезимовку. За апрель-июнь 2020 г. выпало 125 мм осадков – на 20% выше многолетней нормы. Условия для осеннего развития и перезимовки растений в 2020/21 г. были также благоприятны, однако весенне-летний период был засушливым. За апрель-июнь выпало 66 мм осадков, в основном они пришлись на апрель. Жаркая и сухая погода в мае и июле отрицательно сказалась на урожае озимой пшеницы и эффективности удобрений.

Запасы минерального азота к посеву пшеницы (табл. 1) в основном были представлены нитратным азотом и составляли на контроле по годам 18,3–20,9 мг/кг почвы, или 65–74 кг/га. В сухом 2019 г. фосфорные и калийные удобрения, внесенные в паровом поле, не влияли на содержание минерального азота в почве, а во влажном 2020 г. повышали накопление аммонийного азота, особенно при внесении высокой дозы фосфора и калия. Считается [3, 4, 10], что для светлых сероземов оптимальная концентрация азота в фазе трубкования озимой пшеницы составляет 3,7%, в колошении – 1,8–2,6%.

По данным [5], оптимальное соотношение азота с фосфором в растении для развития озимой пшеницы составляет 5–6. При соотношении ниже 5 пшеница испытывает недостаток азота, а свыше 7 хорошо отзывается на фосфор. Установлено [12, 13], что озимая пшеница не нуждается в дополнительном внесении азота при его содержании в период выхода в трубку 2,74–3,83% и в фазу цветения (в верхних листьях) от 3,07 до 3,77% при соотношении азота и фосфора соответственно 3,6–7,4 и 5,3–9,3.

Таким образом, различные авторы показали довольно близкие величины содержания азота в растениях, определяющие наибольшую его эффективность.

Резкое снижение содержания азота в листьях (до 2,07%) наблюдалось лишь при высокой дозе фосфора и калия (N200P210K150) в сочетании с азотной подкормкой (N200). Внесение на этом фоне N250 позволило повысить содержание азота в листьях до оптимального (3,22%).

В 2021 г. уровень накопления биомассы был значительно ниже, чем в 2020 г., а запасы минерального азота к посеву пшеницы – выше. Это обусловило более высокий уровень содержания азота в листьях (3,28–3,70%). В этом случае не наблюдалось резкое снижение содержания азота в листьях в вариантах с повышенными дозами фосфора и калия.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что содержание азота в целых растениях и в 2020 г., и в 2021 г. на удобренных и неудобренных вариантах было ниже оптимального уровня. В 2020 г. низкое содержание азота в тканях было обусловлено накоплением большой биомассы, а в 2021 г. – весьма слабым поступлением азота в связи с сильной засухой в мае и начале июня. В фазу полной спелости содержание азота

на неудобренных вариантах по годам составило 2,13–2,34%. Небольшие дозы азота и фосфора (N200, P75) не оказали существенного влияния на содержание азота, а повышенные дозы фосфора и калия в 2020 г. снизили его накопление до 1,89–1,93%. В засушливом 2021 г. повышенные дозы фосфора не повлияли на содержание азота в зерне.

Таблица 1

Влияние удобрений на содержание элементов питания в растениях озимой пшеницы, % на абс. сухое вещество

Варианты	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	Трубкавание	Колошение цветение	Полная спелость		Трубкавание	Колошение цветение	Полная спелость		Трубкавание	Колошение цветение	Полная спелость	
			Зерно	Солома			Зерно	Солома			Зерно	Солома
2020 г.												
Без удобрений	2,22	1,18	2,13	0,29	0,44	0,28	0,57	0,03	5,10	2,24	0,37	0,68
N ₂₀₀ K ₇₅	2,27	1,49	2,34	0,28	0,47	0,33	0,51	0,03	5,48	2,61	0,36	0,72
P ₁₀₅ K ₇₅	2,00	1,16	2,15	0,33	0,59	0,30	0,51	0,03	-	2,49	0,39	0,77
N ₂₀₀ P ₇₅	2,21	1,10	2,23	0,33	0,54	0,29	0,57	0,03	5,61	2,30	0,39	0,72
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	2,34	1,34	2,16	0,27	0,77	0,36	0,54	0,03	5,36	2,54	0,37	0,81
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	2,36	1,31	2,15	0,32	0,72	0,43	0,59	0,04	5,62	2,61	0,43	0,93
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	2,23	1,31	1,89	0,33	0,76	0,43	0,66	0,05	5,55	2,61	0,44	1,01
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	2,37	1,05	1,93	0,31	0,83	0,42	0,64	0,05	5,78	2,73	0,44	0,90
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	2,40	1,34	2,21	0,33	0,72	0,46	0,63	0,04	5,71	2,91	0,44	0,93
2021 г.												
Без удобрений	1,81	1,28	2,34	0,46	0,42	0,32	0,53	0,07	4,35	1,79	0,44	1,02
N ₂₀₀ K ₇₅	1,85	1,20	2,44	0,46	0,41	0,30	0,54	0,07	4,15	1,61	0,45	0,91
P ₁₀₅ K ₇₅	1,72	1,23	2,50	0,45	0,47	0,36	0,56	0,08	4,23	1,62	0,44	1,02
N ₂₀₀ P ₇₅	1,60	1,45	2,37	0,47	0,47	0,41	0,58	0,07	3,85	1,73	0,45	0,99
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	1,99	1,51	2,36	0,50	0,50	0,37	0,56	0,10	4,23	2,36	0,46	1,00
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	1,58	1,19	2,37	0,51	0,47	0,33	0,56	0,09	3,74	1,61	0,47	0,95
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	1,91	1,37	2,35	0,50	0,58	0,45	0,63	0,11	3,80	1,99	0,45	1,21
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	1,87	1,45	2,30	0,55	0,61	0,48	0,65	0,11	4,11	1,87	0,47	1,05
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	1,87	1,77	2,50	0,51	0,65	0,52	0,65	0,12	4,48	1,98	0,46	1,16

Количество азота в листьях в фазу колошения-цветения (табл. 2) в 2020 г. на контроле и некоторых удобренных вариантах было близким к оптимальному (3,04%).

Таблица 2

Содержание N, P₂O₅ и K₂O и отношение N: P₂O₅ и N: K₂O в листьях озимой пшеницы в фазу колошения-цветения

Варианты	2020 г.					2021 г.				
	содержание, % на абс. сухое вещество			N: P ₂ O ₅	N: K ₂ O	содержание, % на абс. сухое вещество			N: P ₂ O ₅	N: K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Удобрений	3,04	0,30	2,31	9,9	1,3	3,28	0,32	1,73	10,4	1,8
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	2,91	0,39	2,43	7,5	1,1	3,70	0,36	1,62	10,3	2,2
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	3,12	0,45	2,40	6,8	1,1	3,33	0,33	2,04	10,2	1,6
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	3,05	0,46	2,45	6,6	1,2	3,28	0,45	1,77	7,3	1,8
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	2,07	0,52	2,15	3,9	0,9	3,30	0,50	1,78	7,0	1,8
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	3,22	0,49	2,15	6,5	1,0	3,46	0,52	1,80	6,6	1,7

Анализируя данные потребления азота по периодам роста и прирост сухого вещества (табл. 3, 4), можно констатировать, что на вариантах с повышенной дозой фосфора и калия (P175K125, P210K150) в сочетании с подкормкой в 2020 г. поступление азота в основном заканчивалось в фазу трубкования.

По-видимому, высокое содержание фосфора в почве в ранние периоды развития пшеницы способствовало интенсивному использованию всех запасов минерального азота. До трубкования в этих вариантах наблюдался и наибольший прирост биомассы. В более поздние периоды прирост сухого вещества продолжался, а поступление азота отсутствовало. Питание пшеницы происходило за счет реутилизации азота накопленного до фазы трубкования. Этим и объясняется столь низкое содержание азота в листьях во время колошения. Внесение на этом фоне азота в виде подкормки в дозе N250 позволило продлить поступление азота в растение до цветения и несколько усилить прирост сухой массы. Более высокое содержание азота в листьях положительно сказалось прежде всего на содержании белка в зерне. В вариантах с умеренными дозами фосфора и азота поступление его было более растянутым и в основном заканчивалось в фазу цветения.

К уборке на некоторых вариантах, в частности, с повышенной дозой азота, наблюдались значительные потери азота (42 кг/га). Фосфорные удобрения повышали вынос азота только до трубкования, калийные не оказывали существенного влияния на вынос. В полную спелость коэффициент использования азота из дозы N200 составил 41–100%. Наиболее интенсивно азот удобрений использовался при соотношении с фосфором 1:3. Повышенная доза азота использовалась более слабо (коэффициент использования – 30%).

В засушливом 2021 г. основная масса азота потреблялась до трубкования, когда еще запасы влаги были значительными. Однако поступление азота заканчивалось к цветению. Характер поступления азота в этом году был одинаковым на всех вариантах. Вынос азота был наибольшим при повышенной его дозе, однако здесь наблюдались и самые большие его потери. Коэффициент использования дозы N200 колебался от 8 до 63%, N250–20%.

**Влияние удобрений на потребление азота,
фосфора и калия озимой пшеницей, кг/га**

Варианты	2020 г.			2021 г.		
	Фаза					
	трубкования	колошения	полной спелости	трубкования	колошения	полной спелости
N						
Без удобрений	58,6	95,9	93,1	48,0	61,1	52,4
N ₂₀₀ K ₇₅	69,0	131,4	103,6	46,3	54,6	54,9
P ₁₀₅ K ₇₅	64,0	117,9	105,5	45,9	60,4	58,1
N ₂₀₀ P ₇₅	78,3	105,4	110,2	59,0	60,4	59,0
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	75,1	122,5	107,3	65,1	75,9	60,1
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	79,2	128,8	122,4	54,2	59,2	62,8
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	100,0	106,1	107,0	60,5	66,4	71,5
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	121,7	109,8	108,3	55,5	79,3	66,1
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	99,3	153,6	111,4	70,4	95,9	64,0
P₂O₅						
Без удобрений	11,8	22,4	22,6	11,1	15,3	10,9
N ₂₀₀ K ₇₅	14,2	29,6	20,5	10,3	13,7	11,0
P ₁₀₅ K ₇₅	19,0	30,2	22,1	12,6	17,7	12,2
N ₂₀₀ P ₇₅	19,0	27,8	24,9	17,3	17,1	12,8
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	24,9	32,6	23,9	16,3	18,6	13,7
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	24,1	42,3	29,1	16,1	16,4	13,6
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	34,1	34,5	32,5	18,4	21,8	18,6
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	42,6	44,1	32,1	18,1	26,2	17,0
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	29,9	53,2	28,5	24,5	28,2	16,1
K₂O						
Без удобрений	135	182	50	115	85	41
N ₂₀₀ K ₇₅	167	230	59	104	73	40
P ₁₀₅ K ₇₅	175	253	63	113	79	46
N ₂₀₀ P ₇₅	199	220	59	142	72	44
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	172	232	72	138	118	45
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	189	259	110	128	80	46
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	259	211	99	120	96	64
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	297	285	91	122	102	50
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	236	333	76	169	107	51

Таблица 4

Влияние удобрений на прирост сухой массы озимой пшеницы, ц/га

Варианты	2020 г.		2021 г.	
	Фаза			
	трубкования	колошения	трубкования	колошения
Без удобрений	28,4	87,4	28,4	50,6
N ₂₀₀ K ₇₅	32,7	94,8	26,8	48,2
P ₁₀₅ K ₇₅	34,4	109,2	28,6	52,0
N ₂₀₀ P ₇₅	38,1	103,0	39,5	44,1
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	34,5	98,3	35,0	54,3
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	36,1	106,5	36,7	52,7
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	48,2	87,1	33,9	51,3
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	60,2	112,5	31,8	57,9
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	44,5	123,2	40,3	57,4

Таблица 5

Влияние удобрений на урожай зерна озимой пшеницы сорта Санзар-8, ц/га

Удобрения внесены		2020 г.	2021 г.	Среднее	
в пару	в подкормку			урожай	прибавка
Без удобрений	-	32,3d	38,3с	35,3	-
K ₇₅	N ₂₀₀	42,6d	48,1с	45,3	10,0
P ₁₀₅ K ₇₅	-	45,9с	49,1с	47,5	12,2
P ₁₀₅	N ₂₀₀	47,2b	50,5b	48,8	13,6
P ₁₀₅ K ₇₅	N ₂₀₀	47,4b	51,0b	49,4	13,9
P ₁₄₀ K ₁₀₀	N ₂₀₀	49,2a	50,9b	50,0	14,7
P ₁₄₀ K ₁₂₅	N ₂₀₀	49,8a	54,0a	51,9	16,6
P ₁₇₅ K ₁₅₀	N ₂₀₀	50,4a	52,7b	51,5	16,2
P ₁₇₅ K ₁₅₀	N ₂₅₀	47,7b	51,1b	49,4	14,1
Наименьшая средняя разница (НСР)		1,24	1,21		
Коэффициент вариации (CV)		1,75	1,73		

Разница значений с одинаковыми буквами в пределах одного года и сорта статистически недостоверна.

Данные (табл. 5) показывают, что даже при высоком уровне урожая на контроле (32,3 ц/га) и на фоне повышенных доз фосфора азотные удобрения не оказали существенного влияния на величину урожая. Прибавка от азота в 1,5–1,9 ц/га была недостоверной.

Таким образом, при содержании нитратного азота перед посевом озимой пшеницы 14,3–16,6 мг/кг почвы влияние азотных удобрений на урожай проявилось довольно слабо. Прибавка от азота на фоне РК колебалась от 4 до 10%. Соотношение азота и фосфора в фазах колошения-цветения в верхних листьях в интервале 10,4–9,9 свидетельствовало также о слабой потребности озимой пшеницы в азоте.

Внесение азотной подкормки слабо влияло на структуру урожая озимой пшеницы (табл. 6).

Таблица 6

Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы

Варианты	2020 г.				2021 г.			
	число стеблей		Число зерен на 1 растение	Зерно: солома	число стеблей		Число зерен на 1 растение	Зерно: солома
	общее	колососносных			общее	колососносных		
Без удобрений	514d	478d	37b	1:1,37	464b	433b	29a	1:1,58
N ₂₀₀ K ₇₅	512d	452d	36b	1:1,62	424c	344d	25c	1:2,14
P ₁₀₅ K ₇₅	536d	478d	35c	1:1,46	500a	482a	28b	1:2,11
N ₂₀₀ P ₇₅	552c	485d	32d	1:1,36	441c	396b	28b	1:1,92
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	587c	540c	33d	1:1,61	448b	388c	27b	1:1,92
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	650b	643a	37b	1:2,15	448b	407b	30a	1:2,04
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	654b	594b	34c	1:1,71	438c	404b	30a	1:2,06
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	641b	564b	37b	1:1,70	452b	415b	28b	1:1,84
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	684a	581b	41a	1:1,42	491a	382c	30a	1:1,84

Разница значений с одинаковыми буквами в пределах одного года и сорта статистически недостоверна.

Увеличение дозы азота с N200 до N250 на фоне повышенной дозы фосфора и калия повысило число колососносных побегов, озерненность колоса, но довольно значительно снизило массу 1000 зерен. По-видимому, недостаток влаги в период налива зерна не позволил реализовать преимущество в развитии растений, создаваемое более благоприятным азотным режимом. Этим объясняется и некоторое снижение прибавки урожая по сравнению с вариантом N200P210K150.

Фосфорный режим питания растений находился в полном соответствии с содержанием подвижного фосфора в почве. В период посева озимой пшеницы содержание подвижного фосфора в почве в 2020 г. было весьма низким (9,2 мг/кг почвы), в 2021 г. – средним (17 мг/кг). Внесение фосфорных удобрений под вспашку пара в дозах P105, P210 повысило его содержание соответственно до 12–30 мг/кг. С увеличением доз фосфорных удобрений возросла и степень подвижности фосфатов в почве (с 0,0353 до 0,1316 мг/л).

Содержание фосфора в озимой пшенице изменялось в соответствии с содержанием его в почве (табл. 1). Так, в фазу трубкования содержание его в растениях без удобрений составило 0,44%, а при внесении фосфорных удобрений колебалось от 0,54 до 0,83%, в фазах колошения-цветения – соответственно 0,28–0,46%. Содержание фосфора в зерне весьма слабо зависело от доз фосфорных удобрений и колебалось от 0,53 до 0,65%. По данным [6], оптимальное содержание фосфора в растениях на староорошаемых светлых сероземах составило в фазе трубкования 0,95%, в фазе колошения – 0,60%, в ту же фазу в листьях – 0,75%.

По данным [1], соотношение N: P<7 свидетельствует о потребности в фосфорных удобрениях. В наших опытах оптимальное содержание фосфора в растениях наблюдалось при внесении P210 в 2020 г. во время трубкования и колошения, а в 2021 г. – только во время колошения. В 2021 г. в связи с сильной засухой и слабым поступлением фосфора в растения даже при повышенной дозе фосфора содержание его в растениях было пониженным.

Данные содержания фосфора в листьях в фазах колошения-цветения и соотношение его с азотом (табл. 2) свидетельствуют о большой потребности озимой пшеницы в фосфорных удобрениях. В годы опытов соотношение азота и фосфора на контроле составило 9,9–10,4. С увеличением доз фосфорных удобрений улучшались условия фосфорного питания, соотношение азота и фосфора уменьшалось до 3,9–6,6. В засушливом 2021 г. повышенные дозы фосфора (P210) весьма слабо влияли на содержание фосфора в листьях. Только при дозах фосфора порядка P175–210 заметно повышалось его использование растениями, и соотношение N: P уменьшалось до 7,3–6,6.

Характеризуя динамику поступления фосфора в растения, следует отметить, что в 2020 г. наиболее интенсивно фосфорные удобрения использовались до трубкования. При этом поступление фосфора в растения повышалось с увеличением доз фосфорных удобрений. Так, до трубкования озимая пшеница на контроле использовала 11,8; при N200P75–24,9; N200P175K125–34,1; N200P210K150–42,6 кг/га. При повышенных дозах фосфора и калия поступление фосфора заканчивалось в фазу трубкования, а на других вариантах оно продолжалось до цветения. К созреванию наблюдался некоторый отток фосфора из вегетативной массы. При этом наибольшей потерей фосфора характеризовались растения с повышенным содержанием его в тканях. В засушливом 2021 г. влияние фосфорных удобрений на потребление фосфора проявилось более слабо, чем в 2020 г., однако и тогда наиболее значительно он использовался по повышенным дозам фосфора и калия.

Данные урожая (табл. 5) свидетельствуют о том, что наибольшее увеличение урожая было получено от фосфорных удобрений. От P100 на фоне N200K75 прибавка урожая по годам колебалась от 12,9 до 14,8 ц/га. В связи с тем, что калийные удобрения заметного влияния на урожай не оказали, эффективность «запасного удобрения» определялась дозами фосфорных удобрений. Так, наибольшие прибавки урожая озимой пшеницы были получены от N200P175K125 и N200P210K150. В 2020 г. они составили 7,5–8,1 ц/га, в 2021 г. – 4,4–5,7 ц/га.

Улучшение условий фосфорного питания положительно сказалось на структуре урожая (табл. 6). Варианты с высокими дозами фосфора и калия характеризовались большим числом продуктивных стеблей, большей озерненностью колоса и наибольшей массой 1000 зерен. Отношение зерна и соломы было более широким, чем на неудобренном варианте.

Данные содержания обменного калия в почве свидетельствуют о высокой обеспеченности их калием. По данным [5], оптимальный уровень содержания калия в надземной массе в фазу трубкования составляет 4,6%, в фазу колошения – 2,3%, в листьях (колошение) – 3,1%. Считается [8, 9], что для диагностики калийного питания

более целесообразно использовать не содержание K_2O в растении, а отношение $N:K_2O$ в его тканях. Нормальным соотношением азота и калия в озимой пшенице является в фазу трубкования (0,7–0,9), в период цветения (0,8–1,1 и 1,1–1,8) в верхних листьях.

В наших опытах содержание калия в вегетативной массе в 2020 г. было в оптимальных пределах, в 2021 г. – ниже оптимальных значений, что, по-видимому, обусловлено слабым использованием почвенного калия в условиях засушливого года. Однако соотношение азота и калия в оба года проведения опытов было в оптимальных пределах. Повышенные дозы калийных удобрений весьма слабо влияли на содержание калия в растениях. Поступление калия в пшеницу в вариантах повышенных доз фосфора и калия в основном заканчивалось в фазу трубкования, и лишь по повышенной дозе азота оно продолжалось до колошения-цветения. К уборке наблюдался значительный отток калия из вегетативной массы. Под влиянием повышенных доз фосфора и калия его вынос возрос в 2020 г. на 26–60 кг/га, в 2021 г. – на 4–24 кг/га.

Анализ накопления сухого вещества и урожайных данных свидетельствует о слабой эффективности калийных удобрений. Так, применение $K75$ на фоне $N200P75$ в 2020 г. повысило урожай на 0,2 ц/га, а в 2021 г. – на 0,5 ц/га.

Таким образом, содержание калия в вегетативной массе во время трубкования в пределах 4,3–5,0%, а колошения-цветения – в пределах 1,79–2,24%, в верхних листьях в ту же фазу – 1,80–2,31% при соотношении $N:P$ 1,3–1,8 свидетельствует об оптимальных условиях питания растений калием.

Различный уровень минерального питания оказал определенное влияние на качество зерна (табл. 7).

Пищевую ценность озимой пшеницы характеризует содержание протеина и клейковины в зерне. В 2020 г. при урожае озимой пшеницы 40–50 ц/га азотные удобрения не влияли на урожай, однако такой уровень азотного питания оказался явно недостаточным для формирования урожая зерна с высоким качеством. Содержание протеина колебалось от 10,7 до 12,1%, сырой клейковины – от 20 до 28%, сухой – от 7,6 до 9,5%. В условиях этого года наиболее высокой белковостью отличалось зерно вариантов $N200K75$ и $N200P70$, а также при повышенной дозе азота ($N250$ на фоне $P210K175$). На этих вариантах содержание протеина в зерне возросло на 0,5–1,2%, сырой клейковины – на 2,0–3,0%. Калийные удобрения снизили содержание белка и клейковины. Значительное снижение этих показателей наблюдалось при повышенных дозах фосфорно-калийных удобрений в сочетании с азотной подкормкой ($N200$): протеина по сравнению с контролем – на 1,1–1,4%; сырой клейковины – на 4,0%.

В засушливом 2021 г. при невысоком уровне урожая (около 20 ц/га) зерно озимой пшеницы характеризовалось более высоким содержанием белка (13,1–10,12%) и сырой клейковины (32,5–36,15%). В этих условиях фосфорно-калийные удобрения ($P105K75$), а также повышенные дозы PK в сочетании с $N250$ заметно увеличили белковость зерна (содержание сырой клейковины возросло на 3,3–0,0%). Такое же действие оказали и азотно-калийные удобрения. В 2021 г. не наблюдалось значительное снижение белковости при повышенных дозах фосфорно-калийных удобрений в сочетании с $N200$, что связано с более благоприятным азотным режимом в этих вариантах. В 2020 г. стекловидность зерна была значительно ниже стандартной как в удобренных, так и в неудобренных вариантах, причем тесную зависимость между белковостью и этим показателем не наблюдали. В 2021 г. стекловидность зерна была выше, но также не отвечала требованиям стандарта на сильную пшеницу. Натура зерна в годы опытов была на всех вариантах выше стандарта, причем удобрения не оказывали существенного влияния на этот показатель. В 2020 г. масса 1000 зерен была в пределах 39,7–06,9 г, в 2021 г. – 35,6–27,0 г. В оба года опытов наибольшее снижение массы 1000 зерен (на 5,5–7,1 г) наблюдалось на варианте $N250P210K175$, с чем, по видимому, и связано снижение урожая зерна варианте.

Действие удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Санзар-8

Варианты	Содержание протеина, %	Содержание клейковины в муке, %		Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л
		сырой	сухой			
2020 г.						
Без удобрений	10,1	20,0	7,4	37	35,2	713
N ₂₀₀ K ₇₅	13,3	26,4	8,8	42	46,9	811
P ₁₀₅ K ₇₅	12,2	24,6	8,0	43	45,2	809
N ₂₀₀ P ₇₅	12,7	28,4	9,0	47	44,4	808
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	12,1	23,1	8,7	47	44,5	808
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	12,3	22,6	8,2	34	43,8	806
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	11,7	24,3	8,9	46	45,3	807
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	11,0	20,0	7,6	45	44,9	809
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	12,6	28,0	9,5	46	39,7	802
2021 г.						
Без удобрений	10,3	30,5	9,4	48	24,1	782
N ₂₀₀ K ₇₅	13,9	36,2	11,8	54	34,9	804
P ₁₀₅ K ₇₅	14,2	35,8	11,4	55	34,0	801
N ₂₀₀ P ₇₅	13,5	34,1	10,6	58	33,9	795
N ₂₀₀ P ₁₀₅ K ₇₅	13,4	32,7	11,0	51	33,2	802
N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₁₀₀	13,5	33,5	10,6	56	35,5	801
N ₂₀₀ P ₁₇₅ K ₁₂₅	13,4	33,3	10,5	55	35,6	799
N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	13,1	33,0	10,7	54	33,5	804
N ₂₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	14,2	36,5	11,2	55	27,0	796

Выводы

1. На староорошаемых светлых сероземных почвах при размещении озимой пшеницы по чистому пару и содержанию минерального азота в период посева в слое 0–30 см 17–22 мг/кг почвы содержание азота в верхних листьях в фазах колошения-цветения составляло 3,1–3,4%. В этих условиях азотные удобрения оказывали влияние на урожай озимой пшеницы.

2. При низком и среднем содержании подвижного фосфора в почве содержание P_2O_5 в тканях растений паровой озими во время трубкования 0,41–0,45%, колошения-цветения 0,27–0,33%, в верхних листьях 0,31–0,33% при соотношении N: P – около 10. В этих условиях наблюдалась сильная потребность озимой пшеницы в фосфорных удобрениях.

3. Оптимальный уровень фосфорного питания (содержание фосфора в тканях 0,76–0,81% в фазу трубкования, 0,47–0,53% в верхних листьях в фазах колошения-цветения, соотношение N: P 6,5–7,4) обеспечивался внесением повышенных доз фосфорных удобрений (P175-P210). При этом урожай озимой пшеницы возрастал на 4,7–6,8 ц/га.

4. В условиях засушливого года для поддержания оптимального уровня фосфорного питания требуются более высокие дозы фосфорных удобрений.

5. При содержании подвижного калия 30,8–37,1 мг/100 г почвы и содержании K_2O в растениях в фазу трубкования в пределах 4,34–5,11% во время колошения-цветения 1,78–2,30% и в ту же фазу в верхних листьях 1,6–2,4% при соотношении N: K_2O 1,2–1,9 калийные удобрения не оказывали положительного действия на урожай.

6. Содержание белка в зерне зависит от уровня питания пшеницы азотом. Оптимальное для получения наибольшего урожая содержание азота в верхних листьях в фазах колошения-цветения не обеспечивало высокого содержания белка в зерне. Для повышения его пищевых качеств необходимо дополнительное внесение азотных удобрений в дозах N200-N250.

7. При соотношении N: P в верхних листьях, равном 3,9, наблюдалось резкое снижение белковости зерна.

8. Испытанные дозы удобрения не оказывали существенного влияния на стекловидность зерна и его натуру. Увеличение дозы азота с N200 до N250 резко снижало массу 1000 зерен.

Библиографический список

1. *Болдырев Н.К.* Использование нормативных показателей в методе листовой диагностики для расчета норм удобрений на запланированный урожай пшеницы // *Агрохимия*. – 1983. – № 2. – С. 105–113.

2. *Гамзиков Г.П.* Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений: / Г.П. Гамзиков, А.Е. Кочергин, П.И. Крупкин. – Новосибирск, 1983. – С. 30.

3. *Глухих М.А.* Динамика содержания азота в выщелоченном черноземе при длительном внесении удобрения / М.А. Глухих, Т.С. Калганова, О.Б. Собянина // *Земледелие*. – 2009. – № 7. – С. 18–19.

4. *Глухих М.А.* Динамика азота в почвах Зауралья / М.А. Глухих, Т.С. Калганова // *Вестник ЧГАА*. – 2015. – Т. 71. – С. 118–125.

5. *Дзанагов С.Х.* Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров, Б.С. Калоев, З.А. Кубатиева, Р.В. Калагова // *Агрохимия*. – 2019. – № 4. – С. 31–38.

6. *Кирпичников Н.А.* Влияние агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы на окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожая зерновых культур / Н.А. Кирпичников, С.П. Бижан, И.В. Тованчев // *Плодородие*. – 2019. – № 1. – С. 19–20.

7. *Кочергин А.Е.* Потребность растений в азотных удобрениях // *Научные труды СибНИИСХоз*. – Омск, 1973. – Т. 5 (20). – С. 33–37.

8. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 96.

9. Системы удобрения в агротехнологиях Зауралья / Под ред. О.В. Волынкиной. – Куртамыш, 2017. – С. 142–143.

10. Шафран С.А. Значение комплексного агрохимического окультуривания в повышении эффективности азотных удобрений под пшеницу / С.А. Шафран, Т.М. Духанина // Агрохимия. – 2015. – № 11. – С. 21–30.

11. Шафран С.А. Окупаемость затрат на применение азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы // Агрохимия. – 2020. – № 2. – С. 20–27.

12. Шустикова Е.П. Азотный режим чернозема обыкновенного и продуктивность сельскохозяйственных культур в последствии различных доз азотных удобрений / Е.П. Шустикова, Н.Н. Шаповалова // Агрохимия. – 2014. – № 2. – С. 20–25.

13. Хакимов Ш.З. Потребление питательных веществ озимой пшеницей и ее урожайность в зависимости от доз удобрений // Вестник Прикаспия. – 2018. – № 2 (21). – С. 28–32.

14. Хакимов Ш.З. Влияние удобрений на белковую продуктивность различных сортов озимой пшеницы на орошаемых светлых сероземах Ферганской долины Узбекистана // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – № 4. – С. 35–38.

15. SAS Institute. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1. – Vol. 2. SAS Institute, Inc. – Cary, NC, USA, 2003.

EFFECT OF MINERAL NUTRITION ON YIELD AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT CULTIVATED IN THE FERGHANA VALLEY

SH.Z. KHAKIMOV

(Namangan Institute of Engineering and Technology, Uzbekistan.)

Winter wheat in pure fallow is in great need of phosphorus fertilizers on light gray earth soils. The content of N, P and K in leaves in the heading phase and the ratio of N: P and N: K correctly reflects its nutrient requirements. The optimal doses for the yields do not ensure that the grain is of high quality.

Key words: *light gray soil, winter wheat, quality, yield, need, dose, mineral fertilizers.*

References

1. Boldirev N.K. Ispol'zovanie normativnikh pokazateley v metode listvoy diagnostiki dlya rascheta norm udobreniy na zaplanirovanniy urozhay pshenitsi [Use of standard indicators in the leaf diagnostic method for calculating fertilizer rates for the planned wheat crop]. Agrokimiya. 1983; 2: 105–113. (In Rus.)

2. Gamzikov G.P., Kochergin A.E., Krupkin P.I. Rekomendatsii po diagnostike azotnogo pitaniya polevikh kul'tur i primeneniyu azotnikh udobreniy [Recommendations for the diagnosis of nitrogen nutrition of field crops and the use of nitrogen fertilizers]. Novosibirsk. 1983: 30. (In Rus.)

3. Glukhikh M.A., Kalganova T.S., Sobyagina O.B. Dinamika sodержaniya azota v vishelochennom chernozeme pri dlitel'nom vnesenii udobreniya [Dynamics of nitrogen content in leached chernozem during long-term fertilization]. Zemledelie. 2009; 7: 18–19. (In Rus.)

4. Glukhikh M.A., Kalganova T.S. Dinamika azota v pochvakh Zauralya [Dynamics of nitrogen in the soils of the Trans-Urals]. Vestn. CHGAA. 2015; 71: 118–125. (In Rus.)

5. Dzanagov S.Kh., Lazarov T.K., Kaloev B.S., Kubatieva Z.A., Kalagova R.V. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na pokazateli rosta, urozhaynost' i kachestvo zerna ozimoy pshenitsi [Effect of long-term use of fertilizers on growth rates, yield and grain quality of winter wheat]. Agrokhimiy., 2019; 4: 31–38. (In Rus.)

6. Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P., Tovanchev I.V. Vliyanie agrokhimicheskikh svoystv dernovo-podzolistoy pochvi na okupaemost' fosfornikh udobreniy pribavkoy urozhaya zernovikh kul'tur [Effect of agrochemical properties of soddy-podzolic soil on the payback of phosphate fertilizers by increasing the yield of grain crops]. Plodorodie. 2019; 1: 19–20. (In Rus.)
7. Kochergin A.E. Potrebnost' rasteniy v azotnikh udobreniyakh [Need of plants for nitrogen fertilizers]. Nauchnye tr. SibNIISKHoz. Omsk. 1973; 5(20): 33–37. (In Rus.)
8. Regional'nie normativi okupaemosti mineral'nikh udobreniy pribavkoy urojaya zernovikh kul'tur [Regional standards for the payback of mineral fertilizers by increasing the yield of grain crops]. M.: VNIIA. 2016: 96. (In Rus.)
9. Sistemi udobreniya v agrotekhnologiyakh Zaural'ya [Fertilizer systems in agricultural technologies of the Trans-Urals]. Ed. by Volynkina O.V. Kurtamys. 2017: 142–143. (In Rus.)
10. Shafran S.A., Dukhanina T.M. Znachenie kompleksnogo agrokhimicheskogo okul'turivaniya v povishenii effektivnosti azotnikh udobreniy pod pshenitsu [Value of complex agrochemical cultivation in increasing the efficiency of nitrogen fertilizers for wheat]. Agrokhimiya. 2015; 11: 21–30. (In Rus.)
11. Shafran S.A. Okupaemost' zatrat na primeneniye azotnikh udobreniy v podkormku ozimoy pshenitsi [Payback on the use of nitrogen fertilizers for winter wheat]. Agrokhimiya. 2020; 2: 20–27. (In Rus.)
12. Shustikova E.P., Shapovalova N.N. Azotnyy rezhim chernozema obiknovennogo i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v posledeystvii razlichnykh doz azotnikh udobreniy [Nitrogen regime of ordinary chernozem and the productivity of agricultural crops in the aftereffect of various doses of nitrogen fertilizers]. Agrokhimiya. 2014; 2: 20–25. (In Rus.)
13. Khakimov Sh.Z. Potrebleniye pitatelnykh veshestv ozimoy pshenitsey i ee urozhaynost' v zavisimosti ot doz udobreniy [Nutrient intake of winter wheat and its yield depending on the doses of fertilizers]. Vestnik Prikaspiya. 2018; 2 (21): 28–32. (In Rus.)
14. Khakimov Sh.Z. Vliyanie udobreniy na belkovuyu produktivnost' razlichnykh sortov ozimoy pshenitsi na oroshaemikh svetlikh serozyomakh Ferganskoj dolini Uzbekistana [Effect of fertilizers on protein productivity of various varieties of winter wheat on irrigated light gray soils of the Ferghana Valley of Uzbekistan]. Problemi agrokhimii i ekologii. 2019; 4: 35–38. (In Rus.)
15. SAS Institute. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1. vol. 2. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 2003.

Шавкатжон Закирович Хакимов, канд. с.-х. наук., доцент кафедры «Хранение и первичная обработка сельскохозяйственных продуктов», Наманганский инженерно-технологический институт (160115, г. Наманган, ул. Касансай, 7, Узбекистан; e-mail: sh.xakimov@mail.ru.; тел.: +9 (9893) 923–00–41).

Shavkatzhon Z. Khakimov, PhD (Ag), Associate Professor, the Department Storage and Primary Processing of Agricultural Produce, Namangan Institute of Engineering and Technology (7 Kasansay Str., Namangan, 160115, Uzbekistan; phone: +9 (9893) 923–00–41; E-mail: sh.xakimov@mail.ru).