

Содержание фосфора и калия в растениях яровой мягкой пшеницы и вынос этих элементов с урожаем при длительном применении удобрений

В.И. Елисеев, к.с.-х.н., ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

Оренбургская область является одним из ведущих регионов по производству высококлассного зерна яровой мягкой пшеницы. На урожайность яровой мягкой пшеницы оказывают влияние многие факторы, в том числе важным является применение научно обоснованных оптимальных доз минеральных удобрений [1 – 6].

При возделывании сельскохозяйственных культур важно сохранять и поддерживать плодородие почвы. Для этого необходимо знать химический состав возделываемых растений и вынос питательных веществ с урожаем из почвы [7–10].

Материал и методы исследования. Для проведения мониторинга процесса сохранения и поддержания плодородия почвы при одновременном увеличении продуктивности возделываемых культур в Оренбургском НИИСХ в 1972 г. был заложен длительный стационарный опыт по изучению влияния видов, доз и сочетаний различных элементов питания на урожайность зерновых культур при их использовании в различные по метеорологическим условиям годы. Этот опыт проводится и в настоящее время.

Опыт проведён на базе бывшего ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ в пятипольном зернопаровом севообороте с чередованием культур: пар, озимая рожь, яровая твёрдая пшеница, просо, яровая мягкая пшеница.

Схема опыта включала следующие варианты применения удобрений: I – Без удобрений (контроль); II – N_1P_1 ; III – N_1K_1 ; IV – P_1K_1 ; V – $N_1P_1K_1$; VI – $N_2P_2K_2$; VII – $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$; VIII – $N_2P_1K_1$; IX – $N_{0,5}P_1K_1$; X – $N_1P_2K_1$; XI – $N_1P_{0,5}K_1$; XII – $N_2P_3K_2$; XIII – $N_3P_2K_2$; XIV – P_2K_2 в запас + N_2 ежегодно [6].

Шаг доз на 1 га для яровой мягкой пшеницы составлял: азота – 30, фосфора – 30, калия – 20 кг.

Химический состав растений яровой мягкой пшеницы определяли на вариантах I–VIII, X, XIV.

Почвы опытного участка представлены чернозёмом обыкновенным среднесуглинистым, тяжелосуглинистым с содержанием гумуса в слое 0–30 см 4,7%, подвижного фосфора – 2,3–2,8 мг (по Мачигину), обменного калия – 26,7–38,4 мг на 100 г почвы. Метеорологические условия лет исследования были различными по уровню увлажнения в течение вегетационного периода яровой пшеницы.

Метеорологические условия 2011 г. складывались относительно благоприятно в первой половине

вегетации. За май – июнь ГТК составил 0,63 при сумме осадков в июне 49 мм (106,5% от нормы). В июле осадки практически отсутствовали (1% от нормы), при средней температуре воздуха за месяц 25,8°C (на 3,9°C выше нормы).

Условия 2012 г. были благоприятными. ГТК за май составил 0,69, за июнь – 1,21. За май осадков выпало больше нормы на 8,1%, за июнь – на 95,4%.

Метеорологические условия 2013 г. были неблагоприятными для яровой пшеницы. В мае–июне наблюдался недобор осадков при повышенных температурах. За май и июнь выпало осадков меньше нормы соответственно на 70 и 74%. ГТК за май–июнь составил 0,18, за июль – 0,50.

Условия 2015 г. складывались неблагоприятно. В июне и июле наблюдался дефицит осадков. В июне недобор осадков составил 46%, в июле – 26%. Средняя температура в июне была выше нормы на 3,8°C. ГТК за июнь составил 0,27 ед., за июль – 0,43 ед.

В целом метеорологические условия лет исследования отражали особенности климата центральной зоны Оренбургской области.

При проведении исследования руководствовались методикой Б.А. Доспехова [11].

Результаты исследования. Результаты проведённого анализа растительных образцов яровой пшеницы показали, что за период вегетации яровой мягкой пшеницы Учитель в её зерне накапливалось в среднем по опыту 0,91% фосфора с колебаниями по годам и вариантам от 0,68 до 1,24%, а в соломе – 0,34% (пределы колебаний составляли 0,26–0,44%) (табл. 1, 2).

На фонах удобрений с фосфором его содержание в зерне составляло 0,94% и в соломе – 0,35%, что было соответственно больше, чем на контрольном варианте, на 0,17 и 0,06%. Наиболее высокое содержание фосфора в зерне было характерно для $N_{60}P_{260}K_{140}$ (0,98%, или + к контролю 0,21%), $N_{30}P_{60}K_{20}$ (0,98%, или + 0,21%), $N_{60}P_{60}K_{40}$ (0,97%, или + 0,20%). В вариантах с дозой 30 кг фосфора на 1 га содержание его в зерне было меньше, и варианты расположились в следующем порядке: $P_{30}K_{20}$ –0,93%, $N_{30}P_{30}$ –0,92%, $N_{30}P_{30}K_{20}$ –0,92%, $N_{60}P_{30}K_{20}$ –0,90%. При дозе $N_{15}P_{15}K_{10}$ содержание фосфора в зерне составило 0,92, а в контроле – 0,77%. По содержанию фосфора в соломе выделялись варианты опыта с дозой 60 кг на 1 га: $N_{30}P_{60}K_{20}$ (0,38%), $N_{60}P_{60}K_{40}$ (0,37%), а также $N_{60}P_{260}K_{140}$ (0,37%). Далее следовали варианты с дозой 30 кг на 1 га: $P_{30}K_{20}$ (0,35%), $N_{30}P_{30}K_{20}$ (0,34%), $N_{60}P_{30}K_{20}$ (0,34%), $N_{30}P_{30}$ (0,33%). На варианте $N_{15}P_{15}K_{10}$ содержание фосфора в соломе

составляло 0,33%. Содержание фосфора в соломе на контрольном варианте составляло 0,29%.

Результаты анализа растительных образцов яровой мягкой пшеницы Учитель показали, что накопление калия в течение её вегетационного периода в зерне составляло в среднем по опыту 0,48%, с колебаниями по годам и вариантам от 0,37 до 0,56% (табл. 3).

На фонах удобрений с калием содержание его в зерне составляло 0,48%, что превысило показатель контрольного варианта на 0,02%.

Среди изученных в опыте вариантов наиболее высоким содержанием калия в зерне отличались варианты P₃₀K₂₀ (0,49%, или + к контролю 0,03%), N₆₀P₂₆₀K₁₄₀ (0,49%), N₃₀P₃₀ (0,49%).

Далее в вариантах с дозой 20 кг на 1 га калия содержание его в зерне несколько снизилось, при этом варианты расположились в следующем порядке по убыванию содержания калия в зерне: N₃₀K₂₀ – 0,48%, N₃₀P₃₀K₂₀ – 0,48%, N₃₀P₆₀K₂₀ – 0,48%, N₆₀P₃₀K₂₀ – 0,46%. Содержание калия в зерне при дозе N₁₅P₁₅K₁₀ составило 0,47% и на контрольном варианте – 0,46%.

1. Содержание фосфора в зерне яровой мягкой пшеницы сорта Учитель на разных фонах минерального питания, %

Вариант	Содержание в зерне, % по годам				Среднее за 4 года
	2011	2012	2013	2015	
Контроль	0,71	1,00	0,68	0,70	0,77
N ₃₀ P ₃₀	1,00	1,11	0,78	0,77	0,92
N ₃₀ K ₂₀	0,84	1,02	0,74	0,74	0,84
P ₃₀ K ₂₀	1,00	1,15	0,81	0,77	0,93
N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀	1,02	1,13	0,78	0,77	0,92
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	1,00	1,24	0,81	0,83	0,97
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₀	1,00	1,13	0,78	0,78	0,92
N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	0,99	1,15	0,74	0,70	0,90
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₀	1,02	1,24	0,84	0,84	0,98
N ₆₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ в запас	1,04	1,24	0,84	0,78	0,98

2. Содержание фосфора в соломе яровой мягкой пшеницы, %

Вариант	Содержание в соломе, % по годам				Среднее за 4 года
	2011	2012	2013	2015	
Контроль	0,26	0,31	0,34	0,26	0,29
N ₃₀ P ₃₀	0,30	0,34	0,38	0,31	0,33
N ₃₀ K ₂₀	0,26	0,31	0,33	0,26	0,29
P ₃₀ K ₂₀	0,34	0,34	0,38	0,33	0,35
N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀	0,30	0,35	0,41	0,31	0,34
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,34	0,38	0,43	0,34	0,37
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₀	0,33	0,33	0,34	0,32	0,33
N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	0,32	0,34	0,38	0,31	0,34
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₀	0,34	0,39	0,44	0,35	0,38
N ₆₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ в запас	0,34	0,38	0,43	0,34	0,37

3. Содержание калия в зерне яровой мягкой пшеницы, %

Вариант	Год				Среднее за 4 года
	2011	2012	2013	2015	
Контроль	0,52	0,48	0,48	0,38	0,46
N ₃₀ P ₃₀	0,54	0,49	0,50	0,42	0,49
N ₃₀ K ₂₀	0,53	0,49	0,48	0,41	0,48
P ₃₀ K ₂₀	0,56	0,47	0,49	0,43	0,49
N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀	0,53	0,48	0,50	0,41	0,48
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,55	0,45	0,46	0,40	0,46
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₀	0,54	0,44	0,49	0,41	0,47
N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	0,54	0,43	0,46	0,39	0,46
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₀	0,53	0,51	0,48	0,38	0,48
N ₆₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ в запас	0,55	0,55	0,49	0,37	0,49

Результаты анализа растительных образцов показали, что по содержанию калия в соломе яровой мягкой пшеницы выделились варианты с дозой 140 и 40 кг на 1 га – N₆₀P₂₆₀K₁₄₀ (1,14%), N₆₀P₆₀K₄₀ (1,12%) (табл. 4).

Несколько меньшее содержание калия показали варианты с дозой 20 кг на 1 га: N₃₀P₆₀K₂₀ (1,06%), N₆₀P₃₀K₂₀ (1,05%), N₃₀P₃₀K₂₀ (1,04%). Варианты N₁₅P₁₅K₁₀, P₃₀K₂₀ содержали калия в соломе соответственно 1,03 и 1,03% при содержании этого элемента на контроле 0,88%.

Вынос элементов питания с урожаем зерна и соломы яровой пшеницы был различным по годам исследования и в зависимости от доз вносимых удобрений.

Вынос фосфора с урожаем зерна яровой мягкой пшеницы в среднем по опыту за 4 года составил 15,0 кг при варьировании по годам и вариантам от 7,0 до 25,5 кг (табл. 5).

Наибольшим он был в благоприятном 2011 г. (19,9 кг на 1 га), а наименьшим – в 2012 г. (11,1 кг на 1 га).

Удобренные фоны с внесением фосфора в составе удобрений в среднем по опыту превысили контроль на 5,8 кг/га, или 57,4%. Наиболее высокий вынос фосфора с урожаем зерна был обнаружен на следующих вариантах: N₆₀P₂₆₀K₁₄₀ (17,2 кг/га),

N₃₀P₆₀K₂₀ (17,2 кг/га), N₆₀P₆₀K₄₀ (16,8 кг/га). Здесь он превзошёл вынос контроля на 6,9–6,9–6,7 кг/га.

Вынос фосфора с урожаем соломы яровой мягкой пшеницы в среднем по опыту составлял 11,2 кг на 1 га. Все удобренные фоны обеспечили более высокий вынос фосфора, чем в контроле. Наиболее заметное превышение выявлено на вариантах: N₆₀P₆₀K₄₀ (+4,6 кг/га), N₃₀P₆₀K₂₀ (+4,4 кг/га), P₃₀K₂₀ (+4,0 кг/га).

Суммарный вынос фосфора с урожаем зерна и соломы в среднем по опыту составил 26,2 кг с 1 га.

Среди удобренных вариантов наибольший вынос обнаружен на фонах: N₃₀P₆₀K₂₀ (30,0 кг/га), N₆₀P₂₆₀K₁₄₀ (29,3 кг/га), N₆₀P₆₀K₄₀ (29,8 кг/га).

Установлено, что вынос калия с урожаем зерна яровой мягкой пшеницы в среднем по опыту за 4 года составил 8,0 кг, варьируя по годам и вариантам от 3,4 до 13,8 кг/га.

Удобренные фоны с внесением калия в составе минеральных удобрений в среднем по опыту превысили по выносу контроль на 1,6 кг/га (24,2%). Наиболее высокий вынос калия с урожаем зерна обеспечили варианты N₆₀P₆₀K₄₀ (8,4 кг/га), N₆₀P₂₆₀K₁₄₀ (8,7 кг/га), N₁₅P₁₅K₁₀ (8,6 кг/га). Превышение над контролем на этих вариантах составляло 1,8; 2,1; 2,0 кг на 1 га соответственно.

4. Содержание калия в соломе яровой мягкой пшеницы сорта Учитель, %

Вариант	Год				Среднее за 4 года
	2011	2012	2013	2015	
Контроль	0,78	1,08	0,82	0,85	0,88
N ₃₀ P ₃₀	0,85	1,40	0,88	0,95	1,02
N ₃₀ K ₂₀	0,87	1,26	0,90	0,96	1,00
P ₃₀ K ₂₀	0,84	1,28	0,88	1,14	1,03
N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀	0,87	1,44	0,90	0,95	1,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,95	1,48	0,98	1,07	1,12
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₀	0,90	1,29	0,93	1,01	1,03
N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	0,93	1,28	0,95	1,06	1,05
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₀	0,93	1,37	0,96	0,98	1,06
N ₆₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ в запас	0,96	1,52	1,02	1,07	1,14

5. Вынос фосфора с урожаем зерна и соломы яровой мягкой пшеницы сорта Учитель на разных фонах минерального питания, кг с 1 га (среднее за 4 года)

Вариант	Вынос фосфора, кг с 1 га		
	зерном	соломой	всего
Контроль	10,1	8,4	18,5
N ₃₀ P ₃₀	15,0	10,9	25,9
N ₃₀ K ₂₀	12,6	9,2	21,8
P ₃₀ K ₂₀	14,7	12,4	27,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀	15,5	11,3	26,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	16,8	13,0	29,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₀	16,2	10,8	27,0
N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	14,4	11,0	25,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₀	17,2	12,8	30,0
N ₆₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ в запас	17,2	12,1	29,3

Результаты исследования показали, что вынос калия с урожаем соломы составил в среднем по опыту 31,1 кг с 1 га, вынос на удобренных вариантах – в среднем 32,0 кг/га, что было выше контроля на 8,6 кг/га (36,8%).

По выносу калия все удобренные фоны превышали контрольный вариант. Наибольшее превышение обеспечили следующие варианты: $N_{60}P_{60}K_{40}$ (+12,2 кг/га), $N_{60}P_{260}K_{140}$ (+10,0 кг/га), $P_{30}K_{20}$ (+9,6 кг/га). По остальным вариантам вынос калия с урожаем соломы превысил контроль на 5,9–9,2 кг/га.

В среднем по опыту общий вынос калия с урожаем зерна и соломы был равен 39,1 кг с 1 га. Установлено, что наибольший вынос среди удобренных фонов продемонстрировала варианты: $N_{60}P_{60}K_{40}$ (44,0 кг/га), $N_{60}P_{260}K_{140}$ (42,1 кг/га), $N_{30}P_{60}K_{20}$ (41,0 кг/га).

Вывод. По результатам исследования установлено, что наибольшая величина выноса фосфора с урожаем яровой мягкой пшеницы составляла 30,0 кг на 1 га на варианте с применением $N_{30}P_{60}K_{20}$ и 29,8 кг на 1 га на варианте с $N_{60}P_{60}K_{40}$. Наибольший вынос калия с урожаем мягкой пшеницы составлял 44,0 кг на 1 га на варианте с $N_{60}P_{60}K_{40}$.

Литература

1. Ряховский А.В., Батурин И.А., Березнёв А.П. Агрономическая химия в приложении к условиям степных районов Российской Федерации. Оренбург, 2004. С. 283.
2. Елисеев В.И. Влияние систематического внесения различных доз минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 16–17.
3. Елисеев В.И. Зависимость содержания белка в зерне яровой мягкой пшеницы от систематического внесения различных доз минеральных удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 14–16.
4. Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Урожайность яровой твёрдой пшеницы на фоне различных доз и соотношений удобрений в центре Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 2 (). С. 10–13.
5. Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Химический состав растений яровой пшеницы и вынос питательных веществ с урожаем при длительном применении удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 6 (68). С. 237–239.
6. Абдрашитов Р.Р. Влияние основного внесения минеральных удобрений на продуктивность яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Предуралье: дисс. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2014. 220 с.
7. Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы сильных сортов от уровня минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух: матер. междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 80-летнему юбилею Оренбургского науч.-исследоват. института сельского хозяйства. Оренбург, 2017. С. 233–240.
8. Елисеев В.И. Влияние различных доз минеральных удобрений на показатели структурного анализа яровой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (61). С. 143–145.
9. Сандакова Г.Н., Елисеев В.И. формирование высокобелкового зерна яровой сильной пшеницы в Оренбургской области в зависимости от погодных условий и минерального питания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 23–26.
10. Елисеев В.И., Макарова О.Г., Суровцева И.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух: матер. междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 80-летнему юбилею Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Оренбург, 2017. С. 240–244.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.