

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

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

По производству высококлассного зерна яровой твёрдой пшеницы Оренбургская область является одним из ведущих регионов. Урожайность яровой твёрдой пшеницы в регионе, как и в других областях, зависит от многих

важных факторов, в том числе от применения научно обоснованных доз минеральных удобрений.

В условиях Оренбургской области значение минеральных удобрений в технологии возделывания яровой твёрдой пшеницы изучали многие исследователи [1–5].

При возделывании зерновых культур, в том числе яровой твёрдой пшеницы, необходимо сохранять и поддерживать естественное плодородие почвы. В связи с этим возникает необходимость изучения химического состава возделываемых растений и выноса питательных веществ с урожаем из почвы.

**Материал и методы исследования.** 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 в системе севооборота при многолетнем периоде их использования в различные по метеорологическим условиям годы. Опыт проводится также с целью проведения мониторинга за процессом сохранения и поддержания плодородия почвы при одновременном увеличении продуктивности и качества возделываемых культур.

Опыт проводился в 2011–2016 гг. на базе бывшего ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ в центральной зоне Оренбургской области на яровой твёрдой пшенице Оренбургская 10 в пятипольном зернопаровом севообороте с чередованием культур: пар, озимая рожь, яровая твёрдая пшеница, просо, яровая мягкая пшеница.

Схема опыта, порядок и дозы внесения удобрений, методика проведения опыта и учётов, характеристика почвы и метеорологических условий по годам (2011–2015) подробно описаны в ранее опубликованных работах [6].

Условия 2016 г. складывались неблагоприятно. В мае, июне и июле наблюдался недобор осадков при повышенных температурах. За эти месяцы

выпало соответственно 30,4; 22,0; 28,0 мм осадков. Недобор осадков составлял в эти месяцы 47,8; 50,0; 39,1% соответственно.

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

При проведении исследования руководствовались методикой Б.А. Доспехова [7].

**Результаты исследования.** Результаты проведённого лабораторного анализа образцов зерна яровой пшеницы показали, что за период вегетации яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 10 в её зерне накапливалось в среднем по опыту 1,02% фосфора с колебаниями по годам и вариантам от 0,81 до 1,38%, а в соломе – 0,37% (пределы колебаний составляли 0,27–0,51%) (табл. 1, 2).

Исследованием установлено, что на фонах внесения фосфорных удобрений содержание фосфора в зерне составило 1,05% и в соломе 0,38%, что соответственно больше, чем на контрольных вариантах, на 0,16% и 0,08%. Наиболее высоким содержанием фосфора в зерне выделились варианты:  $N_{80}P_{260}K_{140}$  (1,10% или + к контролю 0,21%),  $N_{40}P_{80}K_{20}$  (1,10% или + к контролю 0,21%). В вариантах с дозой 30 кг на 1 га фосфора содержание его в зерне было меньше, а варианты по содержанию расположились в следующем порядке:  $P_{40}K_{20}$  – 1,06%,  $N_{40}P_{40}$  – 1,06%,  $N_{40}P_{40}K_{20}$  – 1,06%,  $N_{80}P_{40}K_{20}$  – 0,98%. При дозе  $N_{20}P_{20}K_{10}$  содержание фосфора в зерне составило 1,02% и в контроле – 0,89%. Наибольшим содержанием фосфора в соломе отличались варианты опыта с дозой 80 кг на 1 га:  $N_{40}P_{80}K_{20}$  –

1. Содержание фосфора в зерне яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 10 на разных фонах минерального питания, %

Вариант	2011 г.	2013 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 4 года
Контроль	0,84	0,81	1,03	0,88	0,89
$N_{40}P_{40}$	0,97	0,93	1,27	1,07	1,06
$N_{40}K_{20}$	0,83	0,81	1,10	0,91	0,91
$P_{40}K_{20}$	0,98	0,97	1,27	1,02	1,06
$N_{40}P_{40}K_{20}$	0,98	0,96	1,25	1,06	1,06
$N_{80}P_{80}K_{40}$	0,98	0,97	1,25	1,02	1,06
$N_{20}P_{20}K_{10}$	0,97	0,97	1,15	0,98	1,02
$N_{80}P_{40}K_{20}$	0,96	0,96	1,03	0,99	0,98
$N_{40}P_{80}K_{20}$	1,00	0,98	1,38	1,06	1,10
$N_{80} + P_{260}K_{140}$ в запас	1,01	0,98	1,37	1,06	1,10

2. Содержание фосфора в соломе яровой мягкой пшеницы, %

Вариант	2011 г.	2013 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 4 года
Контроль	0,27	0,30	0,28	0,35	0,30
$N_{40}P_{40}$	0,31	0,33	0,33	0,46	0,36
$N_{40}K_{20}$	0,28	0,31	0,30	0,37	0,32
$P_{40}K_{20}$	0,31	0,34	0,35	0,48	0,37
$N_{40}P_{40}K_{20}$	0,32	0,34	0,36	0,48	0,38
$N_{80}P_{80}K_{40}$	0,35	0,36	0,42	0,51	0,41
$N_{20}P_{20}K_{10}$	0,31	0,32	0,34	0,45	0,36
$N_{80}P_{40}K_{20}$	0,32	0,33	0,33	0,46	0,36
$N_{40}P_{80}K_{20}$	0,35	0,38	0,43	0,50	0,42
$N_{80} + P_{260}K_{140}$ в запас	0,35	0,39	0,42	0,51	0,42

0,42%,  $N_{80}P_{80}K_{40}$  – 0,41%,  $N_{80}P_{260}K_{140}$  – 0,42%. Далее следовали варианты с дозой фосфора 30 кг на 1 га:  $N_{40}P_{40}K_{20}$  (0,38%),  $P_{40}K_{20}$  (0,37%),  $N_{80}P_{80}K_{20}$  (0,36%),  $N_{40}P_{40}$  (0,36%). На варианте  $N_{20}P_{20}K_{10}$  содержание фосфора в соломе составляло 0,36%. Содержание фосфора в соломе на контроле (без удобрений) составляло 0,30%.

Анализ образцов зерна яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 10 показал, что накопление калия в течение периода вегетации в зерне составляло в среднем по опыту 0,48%, с колебаниями по годам и вариантам от 0,38% до 0,56% (табл. 3).

На вариантах с внесением калийных удобрений содержание калия в зерне составило 0,49%, что превысило показатель контрольного варианта на 0,08%. Установлено, что среди изученных в опыте вариантов наиболее высокое содержание калия в зерне отмечено на вариантах  $N_{80}P_{260}K_{140}$  (0,52%),  $N_{40}P_{80}K_{20}$  (0,52% или + к контролю 0,11%),  $N_{40}P_{80}K_{20}$  – 0,50%. Содержание калия в зерне в вариантах с дозой его внесения 20 кг на 1 га несколько снизилось, варианты при этом расположились в следующем порядке по убыванию содержания калия в зерне:  $P_{40}K_{20}$  – 0,48%,  $N_{40}P_{40}K_{20}$  – 0,48%,  $N_{80}P_{40}K_{20}$  – 0,46%,  $N_{40}K_{20}$  – 0,46%. При дозе  $N_{20}P_{20}K_{10}$  содержание калия в зерне составило 0,47% и на контрольном варианте 0,41%.

Анализ образцов соломы твёрдой пшеницы показал, что по содержанию калия в соломе выделились варианты с дозой 140 и 40 кг на 1 га  $N_{80}P_{260}K_{140}$  (1,16%),  $N_{80}P_{80}K_{40}$  (1,17%) (табл. 4).

Варианты с дозой калия 20 кг на 1 га показали несколько меньшее содержание этого элемента:  $P_{40}K_{20}$  (1,10%),  $N_{80}P_{40}K_{20}$  (1,08%),  $N_{40}P_{80}K_{20}$  (1,08%),

$N_{40}P_{40}K_{20}$  (1,02%). Вариант  $N_{20}P_{20}K_{10}$  содержал калия в соломе 1,08%, при содержании этого элемента на контроле 0,88%.

Исследованием установлено, что вынос фосфора и калия с урожаем зерна и соломы яровой твёрдой пшеницы складывался неоднозначно в связи с различными условиями лет и дозами вносимых удобрений.

Вынос фосфора с урожаем зерна яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 10 в среднем по опыту за 4 года составил 11,8 кг при варьировании по годам и вариантам от 4,9 до 21,0 кг с 1 га. (табл. 5). Наибольшим он был в благоприятном 2011 г. (17,5 кг на 1 га), а наименьшим в 2016 г. (6,6 кг на 1 га).

Исследованием установлено, что удобренные фоны с внесением фосфора в составе удобрений в среднем по опыту превысили контроль на 4,4 кг/га, или 55,0%. Наиболее высоким выносом фосфора с урожаем зерна отличались варианты:  $N_{80}P_{260}K_{140}$  (12,9 кг/га),  $N_{40}P_{40}K_{20}$  (13,1 кг/га),  $N_{80}P_{80}K_{40}$  (12,5 кг/га). Здесь они превзошли вынос контроля на 4,9–5,1–4,5 кг/га.

Результаты исследования показали, что вынос фосфора с урожаем соломы яровой твёрдой пшеницы в среднем по опыту был равен 10,8 кг на 1 га. Все варианты с внесением удобрений обеспечили более высокий вынос фосфора, чем в контроле. Наиболее заметное превышение обеспечили варианты:  $N_{80}P_{80}K_{40}$  (+4,5 кг/га),  $N_{80}P_{260}K_{140}$  (+5,3 кг/га).

В среднем по опыту суммарный вынос фосфора с урожаем зерна и соломы составил 22,6 кг с 1 га. Наибольший вынос фосфора среди удобренных вариантов обнаружен на фонах:  $N_{40}P_{40}K_{20}$  (25,0 кг/га),  $N_{80}P_{260}K_{140}$  (26,2 кг/га),  $N_{80}P_{80}K_{40}$  (25,0 кг/га).

### 3. Содержание калия в зерне яровой твёрдой пшеницы, %

Вариант	2011 г.	2013 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 4 года
Контроль	0,42	0,40	0,38	0,43	0,41
$N_{40}P_{40}$	0,48	0,47	0,45	0,49	0,47
$N_{40}K_{20}$	0,49	0,42	0,45	0,48	0,46
$P_{40}K_{20}$	0,49	0,48	0,46	0,49	0,48
$N_{40}P_{40}K_{20}$	0,51	0,48	0,46	0,49	0,48
$N_{80}P_{80}K_{40}$	0,54	0,48	0,48	0,50	0,50
$N_{20}P_{20}K_{10}$	0,48	0,50	0,45	0,45	0,47
$N_{80}P_{40}K_{20}$	0,49	0,51	0,46	0,48	0,48
$N_{40}P_{80}K_{20}$	0,56	0,54	0,49	0,51	0,52
$N_{80} + P_{260}K_{140}$	0,56	0,54	0,49	0,51	0,52

### 4. Содержание калия в соломе яровой твёрдой пшеницы, %

Вариант	2011 г.	2013 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 4 года
Контроль	0,82	0,94	0,88	0,90	0,88
$N_{40}P_{40}$	0,96	0,98	0,96	0,94	0,96
$N_{40}K_{20}$	0,98	1,08	0,98	1,10	1,04
$P_{40}K_{20}$	1,04	1,10	1,11	1,14	1,10
$N_{40}P_{40}K_{20}$	0,98	1,12	1,00	1,00	1,02
$N_{80}P_{80}K_{40}$	1,11	1,20	1,14	1,23	1,17
$N_{20}P_{20}K_{10}$	1,08	1,08	1,02	1,12	1,08
$N_{80}P_{40}K_{20}$	1,06	1,10	1,04	1,14	1,08
$N_{40}P_{80}K_{20}$	1,06	1,12	1,03	1,12	1,08
$N_{80}P_{260}K_{140}$	1,08	1,21	1,09	1,24	1,16

5. Вынос фосфора и калия с урожаем зерна и соломы яровой твёрдой пшеницы  
Оренбургская 10 на разных фонах минерального питания, кг с 1 га (среднее за 4 года)

Вариант	Вынос фосфора, кг с 1 га			Вынос калия, кг с 1 га		
	зерном	соломой	всего	зерном	соломой	всего
Контроль	8,0	8,0	16,0	3,7	24,2	27,9
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	13,1	9,6	22,7	5,9	26,9	32,8
N <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	11,0	9,5	20,5	5,7	31,5	37,2
P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	11,9	10,1	22,0	5,5	31,1	36,6
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	13,1	11,9	25,0	6,1	31,2	37,3
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub>	12,5	12,5	25,0	6,0	36,3	42,3
N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub>	11,6	10,7	22,3	5,5	33,3	38,8
N <sub>80</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	11,7	10,1	21,8	5,8	31,0	36,8
N <sub>40</sub> P <sub>80</sub> K <sub>20</sub>	12,1	12,0	24,1	5,9	31,9	37,8
N <sub>80</sub> P <sub>260</sub> K <sub>140</sub>	12,9	13,3	26,2	6,3	37,4	43,7

Вынос калия с урожаем зерна яровой твёрдой пшеницы в среднем по опыту за 4 года составил 5,6 кг при варьировании по годам и вариантам от 2,4 до 11,6 кг/га. Варианты опыта с внесением калия в составе минеральных удобрений в среднем по опыту превысили по выносу контроль на 2,1 кг/га (56,8%). Установлено, что наиболее высокий вынос калия с урожаем зерна обеспечили варианты N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> (6,0 кг/га), N<sub>80</sub>P<sub>260</sub>K<sub>140</sub> (6,3 кг/га), N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> (6,1 кг/га). На этих вариантах превышение над контролем составляло 2,3; 2,6; 2,4 кг на 1 га соответственно.

По результатам исследования вынос калия с урожаем соломы составлял в среднем по опыту 31,5 кг с 1 га. На удобренных вариантах вынос калия составил в среднем 32,3 кг/га, что выше контроля на 8,1 кг/га (33,5%).

Все удобренные фоны по выносу калия превышали контроль. Наибольшим выносом калия отличались варианты: N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> (36,3 кг/га), N<sub>80</sub>P<sub>260</sub>K<sub>140</sub> (37,4 кг/га). Остальные варианты по выносу калия с урожаем соломы превышали контроль на 2,7–9,1 кг/га. Общий вынос калия с урожаем зерна и соломы составил в среднем по опыту 37,1 кг с 1 га. Наибольший вынос калия среди удобренных фонов получен на вариантах: N<sub>80</sub>P<sub>260</sub>K<sub>140</sub> (43,7 кг/га), N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> (42,3 кг/га).

**Вывод.** Установлено, что наибольшая величина выноса фосфора с урожаем яровой твёрдой пшеницы составляла 26,2 кг на 1 га на варианте N<sub>80</sub>P<sub>260</sub>K<sub>140</sub> и 25,0 кг на 1 га на варианте N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub>. Наибольший вынос калия с урожаем яровой твёрдой пшеницы составлял 43,7 кг на 1 га на варианте N<sub>80</sub>P<sub>260</sub>K<sub>140</sub>.

### Литература

1. Ряховский А.В., Батурич 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 (34). 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. Елисеев В.И. Содержание фосфора и калия в растениях яровой мягкой пшеницы и вынос этих элементов с урожаем при длительном применении удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 51–53.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.