

## Баланс элементов питания в звене зернопарового севооборота под влиянием трепела, сапропеля и минеральных удобрений

*А.М. Плотников, к.с.-х.н., А.В. Созинов, к.с.-х.н., Н.Н. Вафин, аспирант, ФГБОУ ВО Курганская ГСХА*

Продуктивность яровой пшеницы в высокой степени обусловлена условиями среды обитания, в частности величиной плодородия почвы [1–3]. Воздействие почвы на биоресурсный потенциал пшеницы определяется пулом элементов питания, запасом влаги, реакцией почвенной среды, содержанием органического вещества, её физическими и биологическими свойствами.

В настоящее время всё большее внимание уделяется поиску эффективных способов использования различных видов природного минерального сырья с целью его использования для повышения плодородия почвы. Так, высококремнистые породы являются природными сорбентами, обладают высокими адсорбционными, ионообменными и каталитическими свойствами. К ним относятся диатомиты и трепелы. Разнообразие свойств и минерального состава позволяет широко применять их при производстве сельскохозяйственной продукции [4–7].

Известно, что кремний является составляющей частью растительных организмов, однако его физиологическая роль ещё недостаточно изучена. Ежегодный вынос кремния с урожаем культур может привести к снижению содержания подвижных соединений кремния (монокремниевой кислоты) и росту дефицита в почве [4, 6].

Применение кремния в составе неорганических и органических соединений является одним из путей оптимизации продукционного процесса при возделывании яровой пшеницы, что особенно важно при ведении хозяйства в зоне рискованного земледелия, к которой относится Курганская область. Внесение кремния также позволяет повысить эффективность минеральных удобрений.

Запасы такого источника кремния, как трепел, на территории Курганской области оцениваются в 2246 тыс. м<sup>3</sup> [5, 8]. Трепел может быть использован при возделывании сельскохозяйственных культур.

**Цель исследования** — изучение влияния трепела в сочетании с сапропелем и минеральными удобрениями на баланс элементов питания в почве при возделывании яровой пшеницы в звене севооборота.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводили в 2016–2017 гг. на опытном поле Курганской ГСХА. Почва — чернозём выщелоченный слабогумусированный маломощный легкосуглинистый.

Почва характеризовалась следующими показателями: количество фракций <0,01 мм в горизонте  $A_{\text{пах}}$  составляло 26,7%, содержание гумуса — 3,43%,

ёмкость катионного обмена — 21,3 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями — 82,3%, рН солевой вытяжки — 5,36, содержание (по Чирикову) подвижного фосфора — 64 мг/кг, обменного калия — 164 мг/кг.

В опыте применяли трепел с месторождения Шадринского района Курганской области. В ФГБУ САС «Шадринская» был определён химический состав трепела в %: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 3,49; CaO — 1,91; MgO — 1,40; SO<sub>3</sub> — 0,2. Сапропель характеризовался следующими показателями: рН — 7,7; зольность — 31,2%; N — 6,24%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,56%; K<sub>2</sub>O — 0,28%; CaO — 46,1%.

Трепел и сапропель вносили на делянки согласно схеме опыта под первую пшеницу после пара вручную разбросным способом с последующей заделкой культивацией на глубину 10 см. Доза внесения трепела составляла 5 т/га, сапропеля — 20 т/га.

В качестве минеральных удобрений применяли азотно-фосфорное смешанное удобрение — аммиачную селитру (34,6% д.в.) и суперфосфат простой гранулированный (26% д.в.). Минеральные удобрения вносили вразброс ежегодно перед посевом по 40 кг/га в пересчёте на действующее вещество.

В опыте изучали действие и взаимодействие трёх факторов: А — органическое удобрение (A<sub>0</sub> — без сапропеля, A<sub>1</sub> — сапропель, 20 т/га), В — минеральные удобрения (B<sub>0</sub> — без удобрений, B<sub>1</sub> — N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>), С — трепел (C<sub>0</sub> — без трепела, C<sub>1</sub> — фракция до 1 мм, C<sub>2</sub> — фракция до 5 мм).

Схема опыта включала следующие варианты использования удобрений: I — без удобрений (контрольный); II — трепел (фракция до 1 мм); III — трепел (фракция до 5 мм); IV — N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>; V — N<sub>40</sub>P<sub>40</sub> + трепел (фракция до 1 мм); VI — N<sub>40</sub>P<sub>40</sub> + трепел (фракция до 5 мм); VII — сапропель — фон; VIII — фон + трепел (фракция до 1 мм); IX — фон + трепел (фракция до 5 мм); X — фон + N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>; XI — фон + N<sub>40</sub>P<sub>40</sub> + трепел (фракция до 1 мм); XII — фон + N<sub>40</sub>P<sub>40</sub> + трепел (фракция до 5 мм).

Размещение вариантов в повторении — рендомизированное, повторность — четырёхкратная. Общая площадь делянки составляла 15 м<sup>2</sup>, учётная — 12 м<sup>2</sup> (2×6 м).

Технология возделывания пшеницы соответствовала рекомендованной для изучаемой зоны [9]. Предшественником первой пшеницы был чёрный пар. Высевали яровую пшеницу сорта Омская 36 с нормой высева 5 млн всх. зёрен на 1 га. Посев проводили сеялкой СЗП-3,6, уборку — в фазу полной спелости комбайном «TERRION SR2010» для мелкоделяночных опытов. Урожайность пересчитывали в тонны на гектар при стандартной влажности и 100-процентной чистоте. Посев в 2016 г. прово-

дили 28 мая, уборку – 25 августа, в 2017 г. посев проводили 28 мая, уборку – 4 сентября.

Для расчёта хозяйственного баланса элементов питания в зерне и соломе пшеницы определяли азот (ГОСТ 32044.1-2012), фосфор (ГОСТ 26657-97), калий (ГОСТ 30504-97). Коэффициент использования элементов питания из удобрений рассчитывался разностным способом.

Сложившиеся погодные условия вегетационных периодов в 2016–2017 гг. в основном можно считать благоприятными для яровой пшеницы.

**Результаты исследования.** Химический состав растений изменялся в широких пределах в зависимости от внесённых удобрений (табл. 1).

В 2016 г. повышение содержания азота как в основной, так и в побочной продукции наблюдалось на вариантах с использованием удобрений и трепела. Содержание азота в зерне пшеницы было выше, чем в контрольном варианте, на 0,01–0,31%, в соломе – на 0,02–0,06%. По содержанию фосфора и калия в растениях определённых закономерностей с применением трепела и удобрений выявить не удалось.

В 2017 г. содержание азота в зерне пшеницы на варианте без удобрений составляло 1,25%, фосфора – 0,34, калия – 0,52%. На вариантах с применением удобрений отмечался рост содержания азота на 0,01–0,22%. Схожим образом изменялось и содержание фосфора в зерне.

Вынос элементов определялся урожаем культур, химическим составом растений и составил

на контрольном варианте в сумме за два года: азота – 69,3 кг/га, фосфора – 20,6 кг/га, калия – 48,7 кг/га (табл. 2).

При ежегодном применении смешанного азотно-фосфорного удобрения вынос элементов в звене севооборота увеличился соответственно на 21,8 и 7,8 кг/га. Наибольший вынос элементов отмечался на варианте с использованием трепела, сапропеля и минерального удобрения.

В звене севооборота на контрольном варианте сложился отрицательный баланс по всем трём элементам (табл. 3). Результаты показали, что применяемые трепел и удобрения по-разному влияли на хозяйственный баланс элементов питания. Так, доза 40 кг/га д.в. азотного удобрения не полностью компенсировала вынос азота урожаем пшеницы, возврат элемента составил 84,0–87,8%. Дефицит элемента был равен 11,1–15,2 кг/га за два года.

Внесение суперфосфата привело к положительному балансу фосфора в звене севооборота, компенсация выноса составила 265–282%. Применение сапропеля способствовало переводу баланса азота и фосфора в положительные значения.

Коэффициент использования азота из минеральных удобрений, рассчитанный разностным методом, в среднем за два года составил 27,3% и увеличился при совместном их применении с трепелом до 32,4%, по фосфору увеличение составило с 9,8 до 12,0%.

При внесении органического удобрения было отмечено снижение коэффициентов использования

1. Содержание элементов питания в зерне и соломе пшеницы, %  
(опытное поле КГСХА, 2016–2017 гг.)

Вариант	2016 г.					
	N	P	K	N	P	K
	зерно			солома		
I – без удобрений (контроль)	1,41	0,41	0,60	0,49	0,18	0,67
II – трепел (фр. до 1 мм)	1,44	0,41	0,63	0,48	0,19	0,69
III – трепел (фр. до 5 мм)	1,50	0,43	0,63	0,49	0,18	0,69
IV – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	1,54	0,41	0,65	0,51	0,22	0,65
V – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	1,71	0,43	0,68	0,52	0,23	0,66
VI – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	1,52	0,42	0,60	0,51	0,23	0,67
VII – сапропель – фон	1,49	0,41	0,62	0,52	0,20	0,66
VIII – фон + трепел (фр. до 1 мм)	1,43	0,43	0,65	0,53	0,21	0,67
IX – фон + трепел (фр. до 5 мм)	1,42	0,43	0,62	0,52	0,22	0,68
X – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	1,50	0,42	0,64	0,55	0,24	0,62
XI – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	1,72	0,41	0,65	0,54	0,25	0,66
XII – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	1,46	0,40	0,65	0,54	0,24	0,64
	2017 г.					
I – без удобрений (контроль)	1,25	0,34	0,52	0,56	0,15	0,59
II – трепел (фр. до 1 мм)	1,26	0,36	0,55	0,56	0,17	0,56
III – трепел (фр. до 5 мм)	1,33	0,35	0,54	0,55	0,16	0,57
IV – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	1,36	0,38	0,54	0,60	0,19	0,57
V – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	1,43	0,36	0,55	0,59	0,20	0,58
VI – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	1,45	0,36	0,54	0,56	0,20	0,58
VII – сапропель – фон	1,32	0,39	0,53	0,53	0,16	0,55
VIII – фон + трепел (фр. до 1 мм)	1,31	0,38	0,52	0,54	0,19	0,54
IX – фон + трепел (фр. до 5 мм)	1,42	0,38	0,51	0,54	0,19	0,55
X – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	1,39	0,43	0,51	0,57	0,20	0,56
XI – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	1,47	0,44	0,52	0,56	0,20	0,57
XII – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	1,46	0,44	0,52	0,57	0,19	0,57

2. Хозяйственный вынос пшеницей элементов питания, кг/га  
(опытное поле КГСХА, 2016–2017 гг.)

Вариант	Год						Суммарный вынос за 2 года		
	2016			2017					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I – без удобрений (контроль)	40,3	12,7	29,7	29,0	7,9	19,0	69,3	20,6	48,7
II – трепел (фр. до 1 мм)	39,9	12,8	30,1	29,7	8,7	19,2	69,6	21,5	49,3
III – трепел (фр. до 5 мм)	41,5	12,9	30,1	32,1	8,8	20,3	73,6	21,7	50,4
IV – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	54,5	17,6	39,1	36,6	10,8	22,4	91,1	28,4	61,5
V – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	56,7	17,7	38,3	36,5	10,4	22,2	93,2	28,1	60,5
VI – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	56,0	18,9	40,1	39,2	11,3	24,0	95,2	30,2	64,1
VII – сапропель – фон	49,4	15,5	35,3	33,6	10,0	21,2	83,0	25,5	56,5
VIII – фон + трепел (фр. до 1 мм)	45,7	15,3	34,4	34,4	10,8	21,5	80,1	26,1	55,9
IX – фон + трепел (фр. до 5 мм)	51,5	17,9	39,2	39,3	11,8	23,9	90,8	29,7	63,1
X – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	58,2	19,7	40,0	45,5	14,8	27,9	103,7	34,5	67,9
XI – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	60,5	18,9	39,6	49,2	15,8	29,9	109,7	34,7	69,5
XII – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	59,1	20,0	42,8	50,2	15,7	30,5	109,3	35,7	73,3

3. Хозяйственный баланс элементов питания растений и разностные коэффициенты использования питательных элементов из удобрений в звене севооборота (опытное поле КГСХА, 2016–2017 гг.)

Вариант	Поступление с удобрениями, кг/га			Баланс ±, кг/га			Коэффициент использования из удобрений, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I – без удобрений (контроль)	–	–	–	-69,3	-20,6	-48,7	–	–	–
II – трепел (фр. до 1 мм)	–	–	–	-69,6	-21,5	-49,3	–	–	–
III – трепел (фр. до 5 мм)	–	–	–	-73,6	-21,7	-50,4	–	–	–
IV – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	80	80	–	-11,1	51,6	-61,5	27,3	9,8	–
V – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	80	80	–	-13,2	51,9	-60,5	29,8	9,4	–
VI – N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	80	80	–	-15,2	49,8	-64,1	32,4	12,0	–
VII – сапропель – фон	624	56	28	541,0	30,5	-28,5	2,2	8,8	27,9
VII – фон + трепел (фр. до 1 мм)	624	56	28	543,9	29,9	-27,9	1,7	9,8	25,7
IX – фон + трепел (фр. до 5 мм)	624	56	28	533,2	26,3	-35,1	3,4	16,3	51,4
X – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	704	136	28	600,3	101,5	-39,9	4,9	10,2	68,6
XI – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 1 мм)	704	136	28	594,3	101,3	-41,5	5,7	10,4	74,3
XII – фон + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + трепел (фр. до 5 мм)	704	136	28	594,7	100,3	-45,3	5,7	11,1	87,9

пшеницей азота (2,2%) и фосфора (8,8%), так как питательные элементы из органических удобрений используются на протяжении нескольких лет. Внесение сапропеля не обеспечило положительного баланса по калию и компенсировало вынос калия урожаем пшеницы на 38,2–49,6%, поскольку его содержание в удобрении крайне низкое.

При совместном внесении трепела и удобрений коэффициенты использования элементов из удобрений составляли 5,7% (N); 10,4–11,1% (P) и 74,3–87,9% (K). Использование питательных веществ из удобрений колебалось в широких пределах и обуславливалось в основном нормами и сочетаниями внесённых удобрений.

**Выводы.**

1. Совместное применение трепела и удобрений способствовало увеличению выноса пшеницей азота на 40,0 кг/га, фосфора – на 15,1 кг/га, калия – на 24,6 кг/га.

2. Применение аммиачной селитры компенсировало вынос азота на 84,0–87,8%, суперфосфата – на 264–282%.

3. Коэффициент использования азота из удобрений растениями составил 2,2–32,4%, фосфора – 8,8–16,3 и калия – 27,9–87,9%.

**Литература**

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. М.: Изд. ЦИНАО, 2000. 522 с.
2. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т. 3. М.: Изд-во с.-х. литературы, 1963. 647 с.
3. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности и сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. М.: ЦИНАО, 2003. 226 с.
4. Самсонова Н.Е. Кремний в почве и растениях // Агрохимия. 2005. № 6. С. 76–86.
5. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. Ульяновск: Изд-во Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. 176 с.
6. Матвеев В.В., Бочарникова Е.А., Амосова Я.М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // Агрохимия. 2002. № 2. С. 86–92.
7. Дистанов У.Г. Перспективы нетрадиционного минерального сырья // Химизация сельского хозяйства. 1989. № 12. С. 37–41.
8. Природные ресурсы и охрана окружающей среды Курганской области в 2015 г. Доклад. Курган, 2016. 225 с.
9. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Курганской области: монография / А.Л. Иванов [и др.] / Под ред. акад. РАСХН А.Л. Иванова. Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2012. 494 с.