

# ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ

С.А. Шафран, д.с.-х.н., А.А. Ермаков, к.б.н., А.И. Семенова, Т.А. Яковлева, ВНИИА

*Представлены результаты обобщения длительных полевых опытов Геосети ВНИИА, проведенных на дерново-подзолистых почвах, по влиянию интенсивности применения удобрений на агрохимические свойства этих почв. Исследования показали, что средний расход фосфора удобрений, вынесенных сверх выноса урожаем, на легкосуглинистых почвах различался незначительно, тогда как по вариантам отличия более существенные. В опыте ВНИИА прослеживалось четкое влияние доз фосфора на величину расхода фосфора удобрений на «сдвиг» содержания подвижных фосфатов на 10 мг/кг. Аналогичные данные получены также по динамике содержания подвижного калия. Вынос этого элемента урожаем значительно превышал потребление фосфора растениями и поэтому дефицит калия прослеживался более отчетливо. Так, в одном из опытов на легкосуглинистой почве во всех вариантах (кроме одного) вынос  $K_2O$  превосходил его поступление в почву. Это повлекло снижение содержания подвижного калия в почве. Величина выноса калия, при которой его содержание в почве снижалось на 10 мг/кг, составляла в среднем 58 кг/га.*

*Ключевые слова:* длительные полевые опыты, динамика плодородия почв, баланс питательных веществ.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.02

В нашей стране 16 % пашни расположено в зоне распространения дерново-подзолистых почв, среди которых 50 % суглинистые, 28 – глинистые и тяжелосуглинистые, 18 % – супесчаные и песчаные [1]. Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким естественным плодородием, но вместе с тем хорошими условиями увлажнения, поэтому при достаточном обеспечении растений питательными веществами на них можно получить высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур [2].

В 1971 г. закончился первый цикл агрохимического обследования пахотных почв Нечерноземной зоны, согласно которому около 80 % пашни занимали кислые почвы, почти 90 характеризовались недостаточным уровнем содержания подвижного фосфора и 70 % подвижным калием. В результате планомерной и целенаправленной работы по повышению плодородия почв в период интенсивной химизации в зоне наметилась устойчивая тенденция к улучшению агрохимических свойств почв. Благодаря интенсивному известкованию доля кислых почв сократилась до 52 %, низкообеспеченных подвижным фосфором – до 16, подвижным калием – до 22 %. Как правило, более высокому уровню применения удобрений соответствовал прирост содержания питательных веществ в почвах. Это отчетливо видно на примере Московской области, которая по своим агрохимическим показателям практически не отличалась от соседних областей. Более интенсивное применение средств химизации позволило ей за 25 лет значительно опередить другие регионы по уровню почвенного плодородия. По состоянию на 1 января 1995 г. средневзвешенное содержание подвижного фосфора составляло 209 мг/кг, подвижного калия – 131 мг/кг. Количество кислых почв сократилось до 52 %. Аналогичные примеры можно привести и по экспериментальным районам комплексной химизации [3].

В настоящее время, когда применение удобрений резко сократилось, отмечена иная тенденция – снижение почвенного плодородия по агрохимическим показателям. В первую очередь это коснулось регионов Нечерноземной зоны, в которой доля кислых почв возросла до 64 %, недостаточно обеспеченных подвижным фосфором – до 46, подвижным калием – до 59 %. В ря-

де областей средневзвешенное содержание  $P_2O_5$  перешло из группы повышено-обеспеченных в среднюю. В других областях аналогичная картина по степени обеспеченности почв подвижным калием [4].

Для того чтобы представить масштабы деградации почв по агрохимическим показателям и доведения их до оптимального уровня, нужна соответствующая нормативно-справочная база, максимально приближенная к условиям производства. Используемые в настоящее время источники [5] нуждаются в определенной корректировке, чтобы их можно было применять не только в региональном масштабе, но и по отдельным полям, поскольку на величину расхода удобрений и выноса питательных веществ на «сдвиг» в ту или иную сторону кроме типа почв и гранулометрического состава влияют и другие факторы: реакция почвенной среды, содержание гумуса и исходное содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . Такую информацию можно получить только в длительных полевых опытах.

**Методика.** Для получения намеченных результатов было обобщено 6 длительных полевых опытов, проведенных в рамках программы Геосети ВНИИА рядом научно-исследовательских институтов Нечерноземной зоны. Продолжительность опытов составляла 4-8 лет. Для обобщения и обработки использовали эксперименты, в которых имелись данные не только по урожайности сельскохозяйственных культур, но и по содержанию питательных веществ в основной и побочной продукции. Это позволило определить их вынос урожаем за период между агрохимическими обследованиями почв. Требовались также сведения об агрохимических свойствах почв перед закладкой опыта и после прохождения ротации севооборота по всем вариантам опыта. В первую очередь обращали внимание на содержание подвижных форм фосфора и калия, реакцию почвенной среды. Содержание подвижного фосфора во всех опытах определялось по методу Кирсанова, а степень обеспеченности почв подвижным калием в опытах ВНИИА и МСХА – по методу Кирсанова, в опытах НИИСХ ЦРНЗ и БелНИИЗ – по Масловой. Путем сопоставления доз фосфора и калия за изучаемый период с их выносом урожаем определялся баланс этих питательных веществ. Находили также разницу между исходным и

конечным содержанием  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в почве. Затем при положительном балансе устанавливали расход питательного вещества (кг/га) на увеличение его содержания в почве на 10 мг/кг по формуле:

$$P = \frac{D-B}{C_{ув} \cdot 0,1},$$

где  $D$  – доза питательного вещества, кг/га;  $B$  – вынос питательного вещества урожаем, кг/га;  $C_{ув}$  – величина увеличения содержания питательного вещества в почве, мг/кг; 0,1 – коэффициент пересчета.

При отрицательном балансе расчет проводили по формуле:

$$H = \frac{B-D}{C_{сн} \cdot 0,1},$$

где  $H$  – величина выноса питательного вещества, снижающая его содержание в почве на 10 мг/кг, кг/га;  $C_{сн}$  – величина снижения содержания питательного вещества в почве, мг/кг;  $D$  и  $B$  – что и в формуле 1.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ результатов полученного материала показал, что в большинстве случаев изменение содержания подвижного фосфора в сторону его увеличения происходило при значительном превышении поступления в почву по сравнению с выносом урожаем. Это отмечалось во всех представленных опытах (табл.1).

**1. Баланс фосфора и изменение его содержания в дерново-подзолистых почвах**

Доза фосфора	Вынос фосфора	Баланс фосфора	Содержание подвижного фосфора, мг/кг			Расход фосфора на увеличение его содержания на 10 мг/кг, кг/га
кг/га			исходное	конечное	разница	
<i>Среднесуглинистая почва, Московская обл., 4 года, МСХА [6]</i>						
0	118	-118	148	138	-10	118*
275	136	139	148	180	32	43
430	145	285	148	230	82	35
290	143	147	148	218	70	21
290	148	142	148	218	70	17
<i>Легкосуглинистая почва, Тверская обл., 4 года, МСХА [7]</i>						
50	87	-37	52	77	25	-
360	104	256	52	109	57	45
285	92	193	52	103	51	38
240	117	123	52	91	39	32
240	105	135	52	105	53	25
<i>Легкосуглинистая почва, Р.Беларусь, 7 лет, БелНИИЗ [8]</i>						
0	219	-219	211	190	-21	104*
540	322	204	211	252	41	51
540	366	174	211	248	37	47
540	360	180	211	252	41	44
540	359	181	211	251	40	45
540	426	114	211	247	36	44
540	379	161	211	252	41	39
540	368	172	211	231	20	86
<i>Легкосуглинистая почва, Смоленская обл., 7 лет, ВНИИА [9]</i>						
0	75	-75	34	33	-1	750*
120	107	13	34	60	26	5
180	116	64	37	68	31	21
360	135	225	40	88	48	47
540	153	387	47	112	65	60
1080	170	910	34	176	142	64
<i>Супесчаная почва, Владимирская обл., 8 лет, ВНИИА [10]</i>						
0	170	-170	18	23	5	-
200	208	-8	20	36	16	-
400	195	205	17	39	22	89
600	226	374	24	60	36	104

\*Показана величина выноса фосфора (кг/га), снижающая его содержание на 10 мг/кг, или на 1 мг/100 г.

При отрицательном балансе фосфора, т.е. когда вынос этого элемента превалировал над выносом в трех опытах отмечено снижение содержания  $P_2O_5$ . В одном из опытов, в котором возмещение выноса фосфора составляло 57 %, а разница между внесением и выносом в среднем за год около 9 кг/га, отмечено некоторое повышение содержания  $P_2O_5$  в почве. Это можно объяснить тем, что в течение исследуемого периода складывались благоприятные погодные условия, которые способствовали переходу труднодоступных фосфатов почвы в более доступное состояние.

Средний расход фосфора удобрений, внесенного сверх выноса урожаем, незначительно различался между опытами, тогда как по вариантам отличия были более существенными. Так, в опыте ВНИИА на легкосуглинистой почве прослеживается четкое влияние доз фосфора на величину расхода удобрений на «сдвиг» содержания подвижных фосфатов на 10 мг/кг, хотя средние величины по всем вариантам опыта мало отличаются от данных, полученных в других опытах.

Сравнение представленных данных с «Временными нормативами затрат удобрений на проведение работ по комплексному агрохимическому окультуриванию полей» показало, что они гораздо ниже нормативных [5].

Подобные исследования были проведены по динамике содержания подвижного калия в почвах, результаты которых в целом аналогичны данным, полученным в опытах с фосфором. Отличия состояли лишь в том, что вынос калия урожаем значительно превышал потребление фосфора растениями, дозы калия удобрений в опытах незначительно превосходили таковые по фосфору, а в некоторых случаях были равны. В связи с этим, дефицит калия прослеживался более отчетливо. Это хорошо видно в опыте БелНИИЗ на легкосуглинистой почве, где во всех вариантах (кроме одного) наблюдался дефицит калия, что повлекло за собой снижение содержания подвижного калия в почве (табл.2).

При балансе калия, близком к уравновешенному, наблюдалось в отдельных случаях некоторое увеличение степени обеспеченности почвы этим элементом в опытах на среднесуглинистой и легкосуглинистой почвах, в которых содержание  $K_2O$  определяли методом Кирсанова.

На супесчаной почве, как менее буферной, при положительном балансе происходило накопление подвижного калия, при отрицательном – снижение.

Расход калийных удобрений на увеличение содержания подвижного калия в почве на 10 мг/кг заметно различался между опытами, а в отдельных случаях довольно существенно. Например, на легкосуглинистой почве Тверской области он колебался по вариантам от 83 до 134 кг/га, на такой же по гранулометрическому составу почве Смоленской области составлял 4-11 кг/га. На супесчаной почве данный показатель варьировал в пределах 17-507 кг/га, на легкосуглинистой почве Республики Беларусь – 27-92 кг/га.

Как уже отмечалось, для прогнозирования степени деградации почв по агрохимическим показателям нужны данные о величине выноса питательных веществ урожаем, снижающей их содержание на 10 мг/кг, или на 1 мг/100 г почвы. Для подобных расчетов использовали ранее полученные данные по фосфору [5], сопоставление которых с обсуждаемыми показали, что они мало различаются. По калию имеются несущественные

различия, но они не смогут заметно повлиять на результаты расчетов.

## 2. Баланс калия и изменение его содержания в дерново-подзолистых почвах

Доза калия	Вынос калия	Баланс калия	Содержание подвижного калия, мг/кг			Расход калия на увеличение его содержания на 10 мг/кг, кг/га
кг/га			исходное	конечное	разница	
<i>Среднесуглинистая, Московская обл., 4 года, МСХА [6]</i>						
0	391	-391	185	130	-55	71*
425	573	-148	185	185	0	0
650	653	3	185	205	20	-
650	642	-8	185	238	53	-
650	662	2	185	215	3	-
<i>Легкосуглинистая, Тверская обл., 4 года, МСХА [7]</i>						
20	239	-209	108	103	-5	418*
720	376	344	108	134	26	132
720	357	363	108	135	27	134
720	405	315	108	146	38	83
720	382	338	108	144	36	94
<i>Легкосуглинистая, Смоленская обл., 7 лет, ВНИИ [9]</i>						
0	192	-192	86	83	-3	640*
420	395	25	92	149	57	4
630	524	106	91	186	95	11
<i>Легкосуглинистая, Р.Беларусь, 7 лет, БелНИИЗ [8]</i>						
0	474	-474	79	41	-38	125*
552	771	-219	86	56	-30	73*
912	822	90	75	127	52	17
1140	850	290	92	154	62	47
1180	792	388	84	129	45	86
1227	896	331	82	138	56	59
1492	884	608	85	97	12	507
<i>Супесчаная, Московская обл., 11 лет, НИИСХ УРИЗ [11]</i>						
0	358	-358	108	78	-30	119
540	500	40	108	115	7	57*
540	657	-117	108	89	-19	62
540	619	-79	108	79	-29	27
540	641	-101	108	97	-11	92
540	614	-74	108	81	-27	27
540	631	-91	108	87	-21	43
540	660	-120	108	76	-32	38

\*Величина выноса калия (кг/га), снижающая его содержание на 10 мг/кг, или на 1 мг/100 г.

Вместе с тем, проведенные исследования не способствовали заметному совершенствованию нормативной базы, поскольку в представленных материалах не возможно учесть такие факторы как исходное содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , а также степень кислотности. Эти данные мало различались по вариантам опытов. Из ранее опубликованных наших данных следует, что снижение содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве зависит от его содержания,

т.е. чем выше степень обеспеченности почвы этим элементом, тем быстрее происходит ее истощение.

**Закключение.** Проведенные исследования показали, что изменения содержания подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах находятся в определенной зависимости от складывающегося баланса этих питательных веществ в земледелии. При положительном балансе, т.е. когда поступление питательных веществ в почву превышает вынос урожаями, происходит увеличение их содержания в почве, при отрицательном – обеднение. Однако, использовать представленные данные для разработки нормативной базы следует более внимательно, так как не все факторы, влияющие на динамику плодородия почв, по агрохимическим показателям удалось применить в обобщенном материале. Для научного обоснования работ по регулированию и прогнозированию фосфатного и калийного режимов почв нужны дальнейшие исследования.

### Литература

1. Распределение земельного фонда сельскохозяйственных угодий РСФСР по группам почв. – М.: МСХ РСФСР, 1989. – 184 с.
2. Шафран С.А. Динамика плодородия почв Нечерноземной зоны и его резервы// Агрохимия. – 2016. – №8. – С. 3-11.
3. Распределение земельного фонда сельскохозяйственных угодий РСФСР по группам почв. – М.: МСХ РСФСР, 1989. – 184 с.
4. Сычев В.Г., Шафран С.А. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений// Плодородие. – 2019. – №2. – С. 22-25.
5. Шафран С.А., Кирпичников Н.А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах// Агрохимия. – 2019. – № 4. – С. 3-10.
6. Багаев В.Б., Жуков Ю.П., Бухтий Л.В., Реутов А.В. Продуктивность культур в севообороте при системах удобрения, рассчитанных балансовым методом на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве. Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны// Тр. ВИА. – Вып 9. – М., 1980. – С. 111-121.
7. Жуков Ю.П., Нечушкин С.М. Продуктивность культур в севообороте при системах удобрения, рассчитанных балансовым методом, на дерново-подзолистой почве со средним содержанием подвижного фосфора. Там же. – С. 122-131.
8. Кукреш Н.П., Жуковская С.П. Периодическое внесение фосфорных и калийных удобрений в севообороте. Там же. – С. 132-142.
9. Касицкий Ю.И., Литвинов В.С., Айрумов Л.П. Действие и последствие возрастающих доз фосфорных удобрений в севообороте на легкосуглинистой дерново-подзолистой почве. Там же. – С. 4-36.
10. Соловьёв П.П., Гасова В.П. Влияние удобрений и их сочетаний на продуктивность севооборота, качество продукции и плодородие почвы// Тр. ВИА. – Вып. 2. – М., 1982. – С. 24-57.
11. Русков В.Е., Третьяков В.И., Миненко А.К. Влияние видов удобрений и их сочетаний на урожайность сельскохозяйственных культур, качество продукции, агрохимические и биологические свойства супесчаной почвы// Труды ВИА. Вып. 9, 1980. – С. 37-106.

## DYNAMICS OF NUTRIENTS' IN SOD-PODZOLIC SOILS OF LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS

S.A. Shafran, A.A. Ermakov, A.I. Semenova, T.A. Yakovleva  
Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia

The results of generalization of long-term field experiments of the Geoset division of Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, conducted on sod-podzolic soils, on the effect of the intensity of fertilization on the agrochemical properties of these soils are presented. Studies have shown that the average consumption of phosphorus from fertilizers carried out in excess of the crop removal on light loamy soils differed insignificantly, while the differences were more significant for the variants. In the experiment of Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, a clear effect of phosphorus doses on the amount of phosphorus consumption of fertilizers on the "shift" of the content of mobile phosphates by 10 mg/kg was traced. Similar data were also obtained on the dynamics of the content of mobile potassium. The removal of this element by crops significantly exceeded the consumption of phosphorus by plants, and therefore the deficiency of potassium was traced more clearly. So, in one of the experiments on light loamy soil in all variants (except one), the removal of  $K_2O$  exceeded its input into the soil. This resulted in a decrease in the content of mobile potassium in the soil. The amount of potassium removal, at which its content in the soil decreased by 10 mg/kg, averaged 58 kg/ha.

Key words: long-term field experiments, soil fertility dynamic, balance of nutrients.