

## Последствие минеральных удобрений на торфяных почвах под многолетними травами в условиях Западной Сибири

*А.С. Моторин, д.с.-х.н., профессор,  
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья*

Минеральные удобрения играют огромную роль в повышении плодородия всех без исключения почв, особенно торфяных, которые, как известно, бедны фосфором и калием [1]. Основная часть азота в торфе находится в форме органических соединений, недоступных растениям [2]. Результаты длительных полевых опытов показывают, что получать устойчиво высокие урожаи трав на торфяных почвах Западной Сибири невозможно без применения удобрений [3]. Систематическое их внесение не только повышает урожайность, но и улучшает качество корма [4]. Первым лимитирующим фактором для преобладающей части торфяных почв Сибири является фосфор, больше 80% общих запасов которого находится в составе органического вещества [5]. Подвижные формы калия не накапливаются в почвах, занятых многолетними злаковыми травами. Снижение норм их внесения сопровождается уменьшением урожая [6]. Калийные и фосфорные удобрения являются обязательным атрибутом культуры болот [7].

В отечественной научной литературе по Западной Сибири практически отсутствует информация о последствии минеральных удобрений на торфяных почвах. В связи с этим нами проведено многолетнее исследование по данному вопросу.

**Цель исследования** – установить эффективность последствия минеральных удобрений на торфяных почвах при выращивании многолетних трав.

**Материал и методы исследования.** Исследование по эффективности последствия минеральных удобрений на содержание питательных веществ, урожайность и качество сена многолетних трав проводили с 1985 по 1992 г. и с 2011 по 2014 г. на опытном дренажном участке Решетниково. Экспериментальная система опытного участка расположена в Тюменском районе в центральной части болота Тарманское площадью свыше 125 тыс. га.

Почва опытного участка представлена низинным осоково-тростниковым торфяником (1,5 м) со средней степенью разложения (30–45%) и наименьшей влагоёмкостью 0,5-метрового слоя около 300 мм. Реакция среды корнеобитаемого слоя слабокислая (5,4–5,9), гидролитическая кислотность относительно небольшая (28,1–29,5 мг-экв/100 г почвы), степень насыщенности основаниями сравнительно низкая (72,4–75,5%). Содержание валовых форм азота высокое (3,81–3,92%), фосфора и калия – низкое (0,12–0,14 и 0,03–0,05%).

Предпосевная обработка почвы включала вспашку на глубину 0,22 м, дискование в два следа и прикатывание катками ЗКВБ-1,5. Травосмесь, состоящую из клевера красного (12 кг), кострца безостого (6 кг), овсяницы луговой (4 кг) и тимфеевки луговой (3 кг/га), высевали сеялкой СН-16 беспокровно в оптимальные сроки. Минеральные удобрения согласно схеме опыта вносили перед посевом трав и в первые два года их пользования (1985–1986 г.). В последующие годы удобрения не использовали. Подкормку трав проводили в два приёма: первую – весной в начале отрастания трав, вторую – после первого укоса. Уборку трав на сено проводили в начале цветения, отавы – в конце августа. Площадь учётной делянки 40 м<sup>2</sup>, повторность четырёхкратная.

Почвенные образцы в пахотном слое (0,2 м) отбирали буром АМ-16 методом «конверта» в начале вегетации трав до внесения удобрений, в основные фазы развития многолетних трав и в конце вегетации после уборки многолетних трав.

Влажность почвы в корнеобитаемом слое (0,3 м) определяли еженедельно термостатно-весовым методом.

Температуру почвы в слое 0,3 м измеряли термометрами Савинова через сутки в течение вегетации многолетних трав.

Полученные результаты по урожайности были обработаны методом дисперсного и корреляционного анализа по Б.А. Доспехову (1978).

**Результаты исследования.** Многолетние наблюдения на объекте Решетниково позволили установить последствие минеральных удобрений на питательный режим торфяной почвы, урожайность и качество сена многолетних трав. Известно, что урожайность многолетних трав зависит не только от обеспеченности подвижными формами питательных веществ. Поэтому изучали влажность и температуру корнеобитаемого слоя торфяной почвы, которые играют очень важную роль. Комплексная сравнительная оценка основных формирующих урожайность факторов позволила достоверно установить роль питательного режима. Влажность и температуру почвы определяли в годы внесения удобрений (1985–1986 г.) и после прекращения их использования (1987–1990 г.). Дополнительно опыт был продолжен в 2011–2014 г. Результаты изучения гидротермических режимов почвы представлены в таблице 1.

Анализ полученных результатов показывает, что влажность 0,3-метрового слоя почвы изменялась в течение вегетационного периода и по годам. Во время формирования первого укоса все годы она

1. Запасы влаги и температура торфяной почвы в корнеобитаемом слое (0,3 м)  
под многолетними травами

Показатель	Год								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2011	2013	2014
Запасы влаги в долях НВ	<u>0,76*</u> 0,43**	<u>0,55</u> 0,45	<u>0,70</u> 0,47	<u>0,72</u> 0,60	<u>0,83</u> 0,32	<u>0,70</u> 0,60	<u>0,81</u> 0,52	<u>0,77</u> 0,54	<u>0,74</u> 0,46
Среднесуточная температура, °С	<u>6,4*</u> 13,8**	<u>8,8</u> 14,2	<u>11,5</u> 16,2	<u>8,2</u> 17,1	<u>13,4</u> 16,7	<u>11,0</u> 16,8	<u>12,1</u> 16,5	<u>10,2</u> 18,5	<u>9,2</u> 16,1

Примечание: \* первый укос; \*\* второй укос; в 2012 г. исследование не проводилось

2. Содержание минерального азота в пахотном слое торфяной почвы под многолетними  
травами после прекращения внесения удобрений, мг/100 г почвы

Год	Вариант					
	Без удобрений		N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	
	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
1985*	35,9	5,0	90,1	4,8	109,4	5,8
1986*	32,3	3,1	36,2	3,5	52,3	6,3
1987	59,1	2,6	24,3	3,4	40,2	3,6
1988	39,5	1,1	16,9	0,7	27,0	1,0
1989	50,8	4,9	20,1	5,0	24,0	4,9
1990	60,5	14,4	19,3	13,0	21,4	11,8
2011	17,8	12,3	14,2	19,9	–	–
2012	19,2	16,7	13,7	11,8	–	–
2013	16,7	10,4	15,3	9,6	–	–
2014	14,9	11,6	11,1	7,4	–	–

Примечание: \* внесены удобрения

находилась в оптимальных пределах, за исключением 1986 г. Важно отметить, что в годы изучения последствий удобрений не было дефицита влаги в первой половине вегетации многолетних трав. Это является основанием для практического вывода: снижение урожайности первого укоса многолетних трав не связано с дефицитом влаги. Глубокое залегание грунтовых вод (1,2–1,6 м) обеспечило низкую влажность почвы и её дефицит во время формирования второго укоса. Только два года (1988 и 1990 г.) в этот период влажность корнеобитаемого слоя находилась на нижнем уровне оптимальности (0,6 НВ).

На протяжении всех лет исследования вели наблюдения за температурным режимом торфяной почвы. Без этого практически невозможно провести анализ содержания и динамики питательных веществ, а также урожайности многолетних трав. Установлено, что температура почвы в мае – июне существенно изменялась по годам, и это было обусловлено наличием мерзлоты и температурой воздуха ( $r = 0,76$ ). Необходимо отметить, что температура почвы в годы использования удобрений была значительно ниже, чем в последующий период. Наиболее активно почва прогревалась во второй половине вегетационного периода. Так, во время формирования второго укоса (июль – август) температура почвы превышала её величину за май – июнь в среднем за 1985–1986 гг. на 6,4°; 1987–1990 гг. – на 5,7°; 2011–2014 гг. – на 6,5°С. Следовательно, в годы последствий удобрений температурный режим почвы был благоприятным

для минерализации торфа и получения высоких урожаев многолетних трав.

Среди питательных веществ в торфяных почвах азот занимает особое место. Главная особенность – высокие его валовые запасы (3,8–3,9%). Несмотря на большие валовые запасы, торфяные почвы не обеспечивают в полной мере потребность многолетних трав в азоте. Результаты полевых исследований в условиях Западной Сибири показывают высокую эффективность азотных удобрений. К сожалению, практически нет данных по их последствию. Нами установлено, что в контрольном варианте (без внесения удобрений) не просматривается тенденция к существенному сокращению минерального азота. Объясняется это минимальным потреблением азота слабо развивающимися многолетними травами из-за острого дефицита фосфора (0,7–3,7 мг/100 г почвы).

Прекращение использования азотных удобрений начинает сказываться на содержании нитратного азота в первый же год. В варианте с нормой N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> к концу четвертого года последствия удобрений количество нитратного азота уменьшилось на 46,7, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – на 59,1%. Содержание нитратного азота сокращается более быстрыми темпами при внесении в почву ранее высокой нормы удобрений. Относительно количества аммонийного азота начинает проявляться тенденция к его увеличению (табл. 2). Это может служить подтверждением снижения интенсивности нитрификации в почве и необходимости возобновления внесения азотных удобрений.

Без внесения фосфорных удобрений также происходит снижение его содержания в почве (табл. 3). Наиболее заметное снижение происходит во второй год последействия.

Так, если в первый год последействия уменьшение фосфора по сравнению с последним годом внесения (1986 г.) на фоне N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> составляло 9 мг, то на второй – 34,3 мг/100 г почвы. На третий и последующие годы снижение количества фосфора происходило медленно. Через пять лет разница между рассматриваемыми вариантами опыта достигала всего 5,3 мг/100 г почвы. Это значительно меньше по сравнению с первым годом последействия, когда на удобренных участках фосфора было больше на 32,1 мг/100 г почвы (в 2,7 раза). Незначительное последействие фосфорных удобрений проявилось даже через 27 лет. Данный факт подтверждает высокую эффективность последействия фосфорных удобрений. Благодаря слабой подвижности и хорошей доступности растениям на среднемощных торфяных почвах фосфор можно вносить с запасом на ряд лет. За

счёт этого можно обеспечить быстрое возрастание фосфатного уровня.

Содержание калия в пахотном слое торфяной почвы без внесения удобрений в течение трёх лет уменьшается практически до исходного уровня (табл. 4). Обусловлено это выносом калия урожаем многолетних трав. Наиболее заметное снижение происходит на третий год последействия. Например, в первый год последействия количество калия на фоне N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> уменьшилось по сравнению с последним годом внесения (1986 г.) на 5,7 мг (11,2%), на второй – на 14,1 мг (33,1%), на третий – на 26,6 мг/100 г почвы (88,7%). В последующие годы снижение содержания калия происходило медленно. Аналогичная ситуация с калием установлена на фоне с высокой нормой азотных удобрений (120 кг д.в./га). Полученные результаты указывают на слабое последействие калийных удобрений.

Определение урожайности многолетних трав позволило установить высокую эффективность последействия минеральных удобрений на протяжении многих лет.

3. Содержание доступного фосфора в пахотном слое торфяной почвы в годы последействия, мг/100 г почвы

Вариант	Год								
	1985	1986*	1987	1988	1989	1990	1991	2008	2013
Без удобрений	13,8	12,9	18,6	14,0	13,2	14,4	11,9	8,3	6,9
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	63,8	59,7	50,7	25,4	25,6	21,0	17,2	9,2	8,7
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	55,0	56,2	51,6	22,4	21,8	19,8	16,7	10,3	7,9

Примечание (здесь и далее): после 1986 г. удобрения не вносили

4. Содержание подвижного калия в пахотном слое торфяной почвы в годы последействия удобрений, мг/100 г почвы

Вариант	Год								
	1985	1986*	1987	1988	1989	1990	1991	2008	2013
Без удобрений	22,4	26,0	27,5	25,3	30,8	26,6	23,9	20,8	16,6
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	57,2	56,6	50,9	42,5	30,0	29,0	24,7	18,0	15,4
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	58,8	63,4	48,8	45,6	36,2	30,3	26,5	19,6	17,3

5. Урожайность сена многолетних трав на торфяной почве в годы последействия удобрений (1987–1992 гг.), т/га

Вариант	Год последействия удобрений						Средняя за 6 лет
	первый	второй	третий	четвёртый	пятый	шестой	
1-й укос							
Без удобрений	2,38	2,16	1,31	1,67	1,08	0,53	1,52
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,89	4,03	2,53	2,86	2,05	1,28	2,77
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,97	4,45	3,25	3,06	2,96	0,85	2,96
N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	4,14	4,95	3,34	3,23	2,66	1,20	3,25
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	4,16	4,52	3,26	3,01	3,10	1,01	3,18
HCP <sub>05</sub>	0,47	0,69	0,72	0,52	0,80	0,54	
2-й укос							
Без удобрений	1,16	0,63	0,44	0,76	1,10	1,28	0,89
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,45	1,03	1,03	0,78	1,06	1,30	1,28
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,23	0,93	1,08	3,28	2,39	1,82	1,95
N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	3,13	1,26	1,33	3,45	2,01	1,60	2,13
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	3,71	1,42	1,49	3,19	2,58	1,80	2,36
HCP <sub>05</sub>	0,78	0,17	0,42	0,64	0,64	0,39	

На шестой год после прекращения внесения удобрений (1992 г.) действие их ещё оказывает значительное влияние на урожайность многолетних трав. Превышение над контролем составляло 1,5–1,64 раза. Особенно заметно проявилась зависимость между нормой внесения удобрений в предыдущие годы и урожайностью трав во втором укосе. Без внесения удобрений на контрольном варианте опыта отмечался недостаток подвижных форм питательных веществ на протяжении всего вегетационного периода (табл. 5).

В 2011–2014 гг. на контрольных делянках и на фоне  $N_{60}P_{90}K_{90}$  провели учёт урожайности многолетних трав. Урожайность сена в среднем за четыре года в первом укосе составляла 1,58–1,62 т, во втором – 0,95–1,01 т/га. На обоих вариантах произошло массовое внедрение злакового разнотравья. Его доля в сформированной фитомассе колебалась по годам от 60 до 80%. Из культурных видов трав сохранился только костреч безостый на фоне  $N_{60}P_{90}K_{90}$  (5,3–8,7%).

Снижение содержания питательных веществ в почве негативно отразилось на качестве сена многолетних трав (табл. 6).

Минимальное сокращение азота в сене (6,6%) первого укоса отмечено на контрольных делянках. На удобренных ранее делянках снижение в среднем за четыре года составило 19,9–28,8%. Следует отметить, что меньше всего количество азота сократилось на варианте, где ранее вносили его по 60 кг д.в. на 1 га.

В сене второго укоса азота содержалось больше на 32,4% в контроле и на 21,0–31,5% – при внесении удобрений по сравнению с первым укосом. В среднем за четыре года содержание азота в сене за два укоса снизилось на 3,3% по сравнению с 1986 г., на ранее удобренных делянках – на 13,0–18,0%.

Содержание фосфора в сене на контрольных делянках отличалось стабильностью. Без внесения удобрений его количество в первом укосе за четыре года практически не изменилось. В сене второго укоса содержание фосфора снизилось на 17,1% по

отношению к 1986 г., что указывает на его недостаток в торфяной почве. Фосфорные удобрения повысили содержание фосфора в сене трав первого укоса в 2,6–2,8 раза, во втором – в 1,9–2,5 раза. Прекращение внесения удобрений привело к снижению содержания фосфора в сене первого укоса на 24–25,6%, во втором – на 19,3–24,6%. Следует отметить, что минимальное сокращение фосфора в сене зафиксировано на варианте, где вносилась его максимальная доза 120 кг д.в.

Без внесения удобрений на контрольных делянках отмечалось резкое снижение содержания калия в сене трав первого и второго укосов – соответственно 39,8 и 29,6%. Последствие калийных удобрений проявлялось на протяжении четырех лет исследования. В сене трав первого укоса в среднем за четыре года после прекращения внесения удобрений калия содержалось больше на 45,7–65,3%, во втором укосе – на 46,1–60,5%.

#### Выводы

1. В годы изучения последствий минеральных удобрений влажность корнеобитаемого слоя почвы во время формирования первого укоса многолетних трав находилась в оптимальных пределах (0,7–0,8 НВ) и не могла быть причиной снижения урожайности. Второй укос многолетних трав формировался при незначительном дефиците запасов влаги, но они были выше, чем в годы внесения удобрений, соответственно 0,5 и 0,44 НВ.

2. Температура корнеобитаемого слоя почвы в годы последствий удобрений во время формирования первого укоса трав была выше на 3,2°C, чем при использовании удобрений, и на 2,8°C – во второй укос. Относительно высокая температура обеспечивала благоприятные условия для минерализации торфа.

3. Под многолетними травами без внесения удобрений содержание нитратного азота в пахотном слое почвы имеет тенденцию к сокращению, а аммиачного – к увеличению, что свидетельствует о замедлении интенсивности минерализации торфа. Прекращение использования азотных удобрений

#### 6. Химический состав сена многолетних трав на торфяной почве в годы последствий удобрений

Вариант	Содержание, % на абсол. сухое вещ-во				Содержание, г в кг	
	азот		калий		фосфор	
	1986 г.*	1987–1990 гг.	1986 г.*	1987–1990 гг.	1986 г.*	1987–1990 гг.
Первый укос						
Контроль	2,13	1,99	2,11	1,27	1,75	1,70
$N_{60}P_{90}K_{90}$	2,06	1,65	2,73	1,93	4,57	3,4
$N_{90}P_{120}K_{120}$	2,18	1,71	3,04	2,10	4,87	3,70
$N_{120}P_{90}K_{90}$	2,43	1,73	2,67	1,85	4,68	3,50
Второй укос						
Контроль	2,82	2,80	2,77	1,95	2,49	2,05
$N_{60}P_{90}K_{90}$	2,71	2,50	3,34	2,89	4,67	3,52
$N_{90}P_{120}K_{120}$	2,83	2,40	3,63	3,13	6,18	4,99
$N_{120}P_{90}K_{90}$	2,94	2,73	3,22	2,85	4,90	3,87

Примечание: \* внесены удобрения

начинает сказываться на содержании нитратного азота в первый год, особенно при внесении ранее высокой нормы (120 кг д.в.).

4. В торфяных почвах без внесения удобрений не происходит накопления доступного фосфора. Основным источником оптимизации фосфатного режима являются удобрения. Последствие фосфорных удобрений проявляется на протяжении длительного периода. Благодаря слабой подвижности и хорошей доступности растениям фосфор можно вносить с запасом на ряд лет.

5. Последствие калийных удобрений прекращается практически через три года после прекращения их внесения. На низкозольных торфяных почвах необходимо ежегодное внесение калийных удобрений из расчета на запланированный урожай.

6. На шестой год после прекращения использования удобрений урожайность сена многолетних трав в 1,5–1,64 раза выше, чем на контроле. Особенно существенно проявляется зависимость между нормой внесения удобрений в предыдущие годы и урожайностью трав во втором укосе.

7. Самое качественное сено многолетних трав получено в годы внесения минеральных удобрений.

Через четыре года после прекращения внесения удобрений сено содержало в первом укосе азота меньше на 19,9–28,8%, во втором – на 13–18%; калия больше соответственно на 45,7–65,3 и 46,1–60,5%; фосфора – на 24–25,6 и 19,3–24,6%.

### Литература

1. Скоропанов С.Г., Брезгунов В.С., Окулик Н.В. Расширенное воспроизводство плодородия торфяных почв. Минск: Наука и техника, 1987. 247 с.
2. Синяевский В.А. Особенности диагностики питания растений азотом, фосфором и калием на торфяно-болотных почвах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1991. № 5. С. 15–19.
3. Моторин А.С. Эффективность минеральных удобрений на торфяных почвах Северного Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 14–22.
4. Рудой Н.Г. Продуктивность кормовых культур на осушаемых торфяных почвах в Восточной Сибири // Производство кормов на мелиорируемых природных угодьях Сибири. Новосибирск: РПО СО ВАСХНИЛ, 1991. С. 81–87.
5. Красницкий В.М., Войтович Н.В. Зависимость урожая и химического состава сена тимopheевки от сочетания минеральных удобрений на осушенных торфяниках // Опыт повышения эффективности химизации земледелия Омской области. Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. С. 73–77.
6. Ефимов В.Н., Царенко В.П. Удобрение сельскохозяйственных культур на мелиорированных торфяных почвах. М.: Росагропромиздательство, 1988. 124 с.
7. Кирсанов А.Т. Изменение торфа как питательной среды под влиянием культуры. Минск, 1924. Вып. 2. С. 3–12.