

МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ОСУШАЕМОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

М.В. Рублюк, к.с.-х.н., Д.А. Иванов, чл.-кор. РАН, Л.Н. Пак, к.с.-х.н.
Федеральный исследовательский центр "Почвенный институт им. В.В. Докучаева"
119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Изучены динамика плодородия почв и продуктивность многолетних трав в длительно эксплуатируемом сельскохозяйственном угодье. Мониторинг агрохимических свойств почв и урожайности одновидовых и смешанных посевов кормовых культур проводили в многолетнем (1998-2023 г.) стационарном полевом эксперименте ВНИИМЗ, расположенном на территории конечно-моренного холма в Тверской области. Установлено, что заметного подкисления почвы в результате 25-летнего опыта не произошло. Важно отметить значительное понижение содержания подвижного фосфора и обменного калия (на 187-612 и 13-135 мг/кг почвы соответственно) в пахотных горизонтах почв опытных участков. Наиболее значительные потери фосфора (63,4 %) и калия (58 %) зафиксированы в среднем фрагменте южного склона конечно-моренного холма. Содержание органического вещества в почве увеличилось на 0,12-1,22 %. Максимальная урожайность изучаемых видов многолетних трав получена в разных частях южного склона: козлятника восточного (4,32 т/га к. е.) – в расположении вершины холма, а бобово-злаковой травосмеси (1,83 т/га к. е.) – в центральной зоне склона.

Ключевые слова: мониторинг, плодородие, агроландшафт, осушение, агрохимические показатели, органическое вещество, почва, смешанные посевы, козлятник восточный.

Для цитирования: Рублюк М.В., Иванов Д.А., Пак Л.Н. Мониторинг плодородия дерново-подзолистой почвы при возделывании многолетних трав в осушаемом агроландшафте// Плодородие. – 2024. – №4. – С. 42-45. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.09.

Нечерноземье Российской Федерации – исторически традиционный регион травосеяния, что обусловлено высокой экологической пластичностью разнообразных видов многолетних трав, которые превосходно приспосабливаются к его климатическим и почвенным особенностям. Это позволяет получать значительные урожаи зеленых кормов, сена и сенажа, семян и других видов кормовой продукции. Наиболее распространены в регионе многовидовые фитоценозы, обеспечивающие продуктивное долголетие травостоя, улучшающие качество корма и получение высокого и качественного урожая трав [1, 11]. Одна из наиболее перспективных многолетних кормовых культур – козлятник восточный, культивирование которого обеспечивает получение корма в нескольких укосах в течение вегетационного периода культуры, формирует высокую урожайность, хорошо поддается силосованию и при этом обогащает почву азотом и насыщает большим количеством органических остатков. Возделываемый козлятник восточный, по сравнению с фитоценозами трав, на глубокоогулеванной почве, широко распространенной в Нечерноземной зоне, обеспечивает более высокую урожайность [3]. В целом для этой зоны различные исследователи отмечают преимущество по урожайности бобово-злаковых травосмесей по сравнению с чисто злаковыми, особенно при внесении минеральных удобрений [8].

Агрохимические показатели почв изменяются как в зависимости от мелиоративного состояния, так и в процессе длительного сельскохозяйственного использования земель [6]. Долговременное использование земель в агропроизводстве без применения удобрений приводит к повышению кислотности пахотных горизонтов почвы, уменьшению в них содержания углерода, значительному снижению обеспеченности подвижным фосфором

и обменным калием [2, 7, 9]. При выращивании длительно козлятника восточного в монокультуре без внесения фосфорных удобрений происходят серьезные подкисление почвенного раствора и значительный вынос подвижного фосфора [4].

Установлено, что одновидовые и смешанные посевы многолетних бобовых трав в целом положительно влияют на плодородие почвы, повышая в ней содержание азота, и, тем самым, увеличивают урожайность последующих культур [10]. При произрастании бобовых и злаковых трав в почве накапливается большое количество растительных остатков со значительным содержанием питательных веществ [5].

Большая пестрота почвенно-ландшафтных условий Нечерноземья обуславливает особенности взаимодействия фитоценозов многолетних трав и почв в различных видах ландшафтов, которые могут быть выявлены на основе долговременного мониторинга плодородия почв и урожайности возделываемых культур.

Цель наших исследований – изучить результаты долговременного мониторинга дерново-подзолистой почвы при возделывании одновидовых и смешанных посевов многолетних трав в осушаемом агроландшафте.

Методика. Исследования осуществлялись в 1998-2023 г. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская обл.). Слежение за изменением показателей плодородия почвы выполняли на выводном поле, на котором с 1998 по 2011 г. возделывали козлятник восточный, а с 2012 по 2023 г. – бобово-злаковую травосмесь на сено без внесения удобрений. Опытный участок охватывает вершину холма, его склоны и находящиеся на холме межхолмные депрессии. Крутизна южного склона составляет 5°, северного – 2°. Протяженность южного склона 400 м, северного – 700 м. Вариантами опыта являются агромикрорландшафты холма

(фактор А): – 1. Т-Аю – транзитно-аккумулятивный, расположенный в нижней части южного склона; 2. Тю – транзитный, занимающий середину южного склона; 3. Э-Тю – элювиально-транзитный - в верхней части южного склона; 4. Э-А – элювиально-аккумулятивный (вершина холма); 5. Э-Тс – элювиально-транзитный северного склона; 6. Тс – транзитный северного склона; 7. Т-Ас – транзитно-аккумулятивный северного склона. На территории опытного участка почва глееватая остаточно-карбонатная дерново-сильнопodzolistая. Гранулометрический состав почвенных разностей на южном склоне и вершине супесчаный, а в северной части суглинистый. Опытный участок имеет слабую эродированность: почвы слабосмытые – на склонах, намытые – в понижениях склонов. Участок осушен, расстояние между дренами в транзитных и транзитно-аккумулятивных вариантах и на вершине – 40, 30 и 20 м соответственно. Учетная площадь опытной делянки 288 м², повторность четырехкратная.

Подвижный фосфор и обменный калий в почвенных разностях определяли по методу Кирсанова, содержание

органического вещества – методом Тюрина, обменную кислотность – потенциометрическим методом. Статистическая обработка результатов исследований выполнена корреляционным и дисперсионным методами с использованием компьютерных программ – STATGRAFICS, EXCEL 2007. В двухфакторном дисперсионном анализе фактором А являются агроландшафты: (Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас), фактором В – годы (1998-2011 и 2012-2023).

Результаты и их обсуждение. Мониторинг агрохимических показателей в почвенном горизонте 0-20 см осуществляли на выводном поле экспериментального полигона, где возделывали козлятник восточный и бобово-злаковую травосмесь. По результатам агрохимического обследования почвы в 1998 г. обменная кислотность почвы в пределах агроландшафта колебалась от слабокислой до нейтральной (рН 5,23-6,25 ед.). Достоверного изменения величины этого показателя за годы наблюдений не выявлено (табл.).

Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы при возделывании одновидовых и смешанных посевов многолетних трав на осушаемом агроландшафте (в среднем за 1998-2023 г.)

Варианты опыта	Обменная кислотность (рН _{KCl})				Подвижный фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг почвы				Обменный калий (K ₂ O), мг/кг почвы			
	1998 г. (исходное)	2011 г.	2023 г.	+/- к исходному	1998 г. (исходное)	2011 г.	2023 г.	+/- к исходному	1998 г. (исходное)	2011 г.	2023 г.	+/- к исходному
Т-Аю	5,73	5,69	5,34	-0,39	777	306	295	-482	190	121	101	-89,0
Тю	5,84	5,09	4,95	-0,89	965	405	353	-612	232	109	97,0	-135
Э-Тю	5,63	4,94	4,81	-0,82	626	313	131	-495	239	193	146	-93,0
Э-А	6,25	4,84	4,68	-1,57	606	229	184	-422	243	144	143	-100
Э-Тс	5,23	4,56	4,36	-0,87	265	193	61,0	-204	201	109	99,0	-102
Тс	5,74	5,02	4,83	-0,91	319	135	88,0	-231	141	94,0	90,0	-51,0
Т-Ас	5,74	5,02	4,83	-0,91	283	199	96,0	-187	101	99,0	88,0	-13,0
Среднее	5,74	5,02	4,83	-0,91	548	254	172	-376	192	124	109	-83,0
Различия недостоверны					НСР ₀₅ для частных различий – 533; для фактора А – 308; для фактора В – 201				НСР ₀₅ для частных различий – 38,2; для фактора А – 22,1; для фактора В – 14,4			

В самом начале закладки эксперимента содержание подвижного фосфора было довольно высоким во всех вариантах - от 265 до 965 мг/кг почвы. Более высоким его количество было на южном склоне холма и на вершине, и заметно сокращалось в вариантах северного склона. За период с 1998 по 2011 г. при произрастании козлятника восточного отмечалось снижение этого показателя на 72-560 мг/кг почвы. Максимальная убыль фосфора (на 58 %) была в транзите на южном склоне холма. При выращивании клеверотимофеечной травосмеси с 2012 по 2023 г. содержание фосфора снизилось на 11-182 мг/кг почвы. Максимальное падение содержания фосфора (58 %) обнаружено в элювиально-транзитном микроландшафте южного склона. В целом за период исследований с 1998 по 2023 г. зафиксирована убыль подвижного фосфора на 187-612 мг/кг почвы. Максимальные потери данного элемента (63,4 %) обнаружены в транзите южного склона моренного холма. Установлено, что после сельскохозяйственного использования земель на северном склоне агроландшафта наблюдался переход почвы из категории с высоким содержанием фосфора в среднее.

Количество обменного калия в 1998 г. (исходное) составляло 101-243 мг/кг почвы, при этом наибольшее его содержание наблюдалось на южном склоне в элювиально-аккумулятивном варианте и оказалось больше среднего по опыту на 51 мг/кг почвы. По сравнению с южным склоном на его аналоге (варианте) – северном склоне отмечено возрастание калия на 18,9 %. Содержание калия в нижней части северного склона (в Т-Ас) на 91 мг/кг меньше среднего по опыту. В других вариантах

опытных исследований этот показатель колебался от 141 до 232 мг/кг почвы.

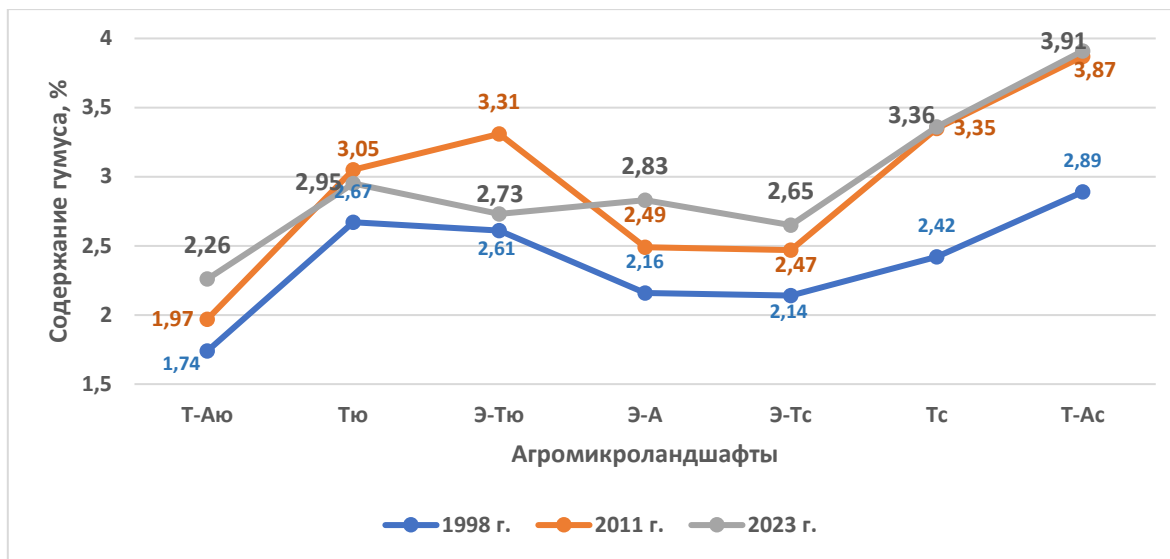
При произрастании козлятника восточного с 1998 по 2011 г. в результате выноса с урожаем и потери на склонах из-за эрозии почвы наблюдалось весьма существенное снижение содержания обменного калия в пределах агроландшафта на 2-123 мг/кг. Максимальная потеря калия (53 %) отмечалась на южном склоне (в Тю). В нижней части северного склона убыль калия была минимальная (2 мг/кг), что объясняется пополнением там калия вследствие протекания почвенных эрозионных процессов. В других изучаемых вариантах отмечено снижение калия в почве в диапазоне 46-99 мг/кг почвы. За весь следующий период наблюдений с 2012 по 2023 г. при возделывании смешанных посевов бобово-злаковых трав потери обменного калия составили 1-47 мг/кг почвы. Максимальное снижение величины данного показателя (на 32 %) также наблюдалось на южном склоне (в Э-Тю).

Результаты мониторинга в 2023 г. показали, что использование земель на протяжении 25 лет при возделывании одновидовых и смешанных многолетних трав приводило к снижению содержания обменного калия в целом на 13-135 мг/кг почвы. Максимальные выявленные потери калия (58 %) отмечены на южном склоне (в Тю). В нижней части северного склона (в Т-Ас) они были незначительными и составили всего 12,8 %. По содержанию калия в 2023 г. наблюдалась тенденция к возрастанию его на вершине и в верхней части южного склона (в Э-Тю) и снижению на склонах.

Динамика содержания органического вещества почвы в осушаемом агроландшафте показана на рисунке 1.

Исходное количество органического вещества в дерново-подзолистой почве при закладке опыта (1998 г.) колебалось от 1,74 % (в Т-Аю) до 2,89 % (в Т-Ас.). Вершина холма по содержанию гумуса занимала промежуточное

положение - 2,16 %. При выращивании козлятника восточного на протяжении 13 лет (1998-2011 г.) установлено в целом повышение доли органического вещества почвы на 0,23-1,18 %. Максимальное возрастание органического вещества выявлено на северном склоне (в Т-Ас).



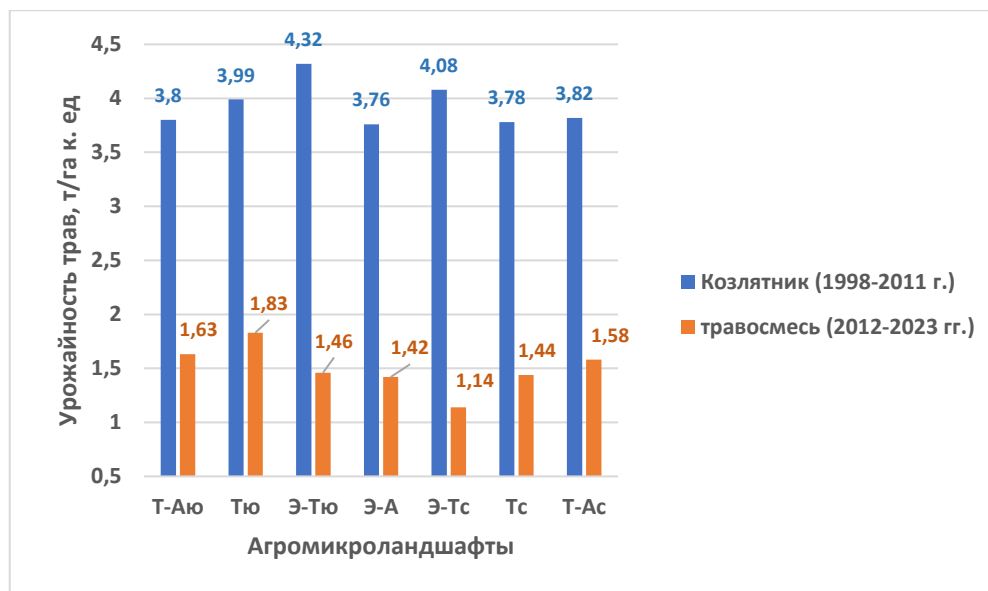
$НСП_{05}$ для частных различий составляет 0,84%, для фактора А – 0,49, для фактора В – 0,32 %.
Рис. 1. Динамика содержания органического вещества дерново-подзолистой почвы в осушаемом агроландшафте

Возделывание смешанных посевов многолетних трав в течение 2012-2023 г. способствовало незначительной прибавке органического вещества в почве нижней части южного склона и на вершине холма – на 0,29 и 0,34 % соответственно и снижению на 0,58 % в элювиально-транзитном варианте опыта южного склона.

Результаты проведенных исследований в 2023 г. показали, что содержание органического вещества в пределах агроландшафта варьировало от 2,26 до 3,91 %. По сравнению с исходными результатами 1998 г.

содержание гумуса к 2023 г. увеличилось на 0,12-1,22 %. Достоверный рост содержания органической составляющей в почвах наблюдался только в средних и нижних частях северного склона.

На выводном поле с 1998 по 2011 г. возделывали козлятник восточный как монокультуру, а далее на этом же месте с 2012 г. по 2023 г. выращивали смесь бобово-злаковых трав. Динамика урожайности многолетних трав в пределах осушаемого агроландшафта представлена на рисунке 2.



$НСП_{05}$ для частных различий 0,54, для фактора А – различия недостоверны, для фактора В – 0,20.
Рис. 2. Динамика урожайности многолетних трав в осушаемом агроландшафте

Урожайность козлятника восточного, выраженная в кормовых единицах, в среднем за 1998-2011 г., составляла от 3,76 до 4,32 т/га. Наиболее высокий урожай этой культуры получен в элювиально-транзитном варианте южного склона – 4,32 т/га к.е. По сравнению со средней по опыту

его увеличение составило 0,39 т/га к.е. На вершине холма и в транзите на северном склоне продуктивность козлятника была наиболее низкой. По другим вариантам величина данного показателя была средней по опыту.

Урожайность бобово-злаковой травосмеси в среднем за 11 лет (2012-2023 г.) варьировала в агроландшафте от 1,14 до 1,83 т/га к. е. Максимальный ее показатель получен в варианте южного склона – в Тю, а прибавка по сравнению со средней по опыту составила 0,33 т/га к.е. В элювиально-транзитном варианте северного склона урожайность травосмеси была самой низкой. При этом ее снижение по сравнению со средней по опыту составило 0,36 т/га к.е. Вариабельность урожайности одновидовых и смешанных посевов многолетних трав была, соответственно, 8,6 и 21,7 %. По сравнению с одновидовыми посевами вариабельность урожайности смешанных посевов возрасла на 13,1 %. По урожайности в одновидовых посевах многолетних трав установлена прямая корреляционная зависимость с содержанием в почве калия и фосфора ($r = 0,49$ и $r = 0,45$ соответственно). В смешанных посевах бобово-злаковой травосмеси отмечена корреляция урожайности с содержанием фосфора ($r = 0,81$) и кислотностью почвы ($r = 0,76$).

Выводы. При возделывании одновидовых и смешанных посевов многолетних трав наблюдалась трансформация агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы в пределах агроландшафта и по периодам наблюдений.

1. В ходе исследований выявлено отсутствие достоверного изменения кислотности почв при длительном выращивании многолетних трав без применения удобрений на дерново-подзолистых почвах типичного агроландшафта Нечерноземья.

2. Содержание подвижного фосфора за период исследований (с 1998 по 2023 г.) снизилось на 187-612 мг/кг почвы. Максимальные его потери (63,4 %) отмечены в транзитном варианте южного склона.

3. Использование земель на протяжении 25 лет при возделывании одновидовых и смешанных посевов многолетних трав способствовало снижению содержания обменного калия на 13-135 мг/кг почвы. Максимальные потери калия (58 %) обнаружены в транзитном варианте южного склона.

4. Длительное возделывание одновидовых и смешанных посевов многолетних трав (1998-2023 г.) способствовало увеличению органического вещества почвы на 0,12-1,22 %. Максимальная прибавка данного показателя (1,22 %) получена в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона.

5. Урожайность козлятника восточного составляла в среднем за 1998-2011 г. 3,76-4,32 т/га к.е., бобово-злаковой травосмеси (за 2012-2023 г.) – 1,14-1,83 т/га к. е. Максимальная урожайность одновидовых и смешанных

посевов многолетних трав получена на южном склоне: козлятника восточного – в Э-Тю, бобово-злаковой травосмеси – в Тю и составила, соответственно, 4,32 и 1,83 т/га к. е.

6. Вариабельность урожайности одновидовых посевов многолетних трав была ниже по сравнению со смешанными посевами на 13,1 %.

7. По урожайности одновидовых посевов многолетних трав установлена прямая корреляционная связь с содержанием в почве калия и фосфора ($r = 0,49$ и $r = 0,45$ соответственно), а у смешанных посевов – с содержанием фосфора и кислотностью почвы ($r = 0,81$ и $r = 0,76$ соответственно).

Литература

1. Беляк В. Б., Тимошкин О.А. Совершенствование набора культур и структуры кормовых угодий для мясного скота в лесостепной зоне // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2019. - № 1. - С. 49-52. DOI: 10.24411/2587-6740-2019-11013
2. Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Шишков Д.Г., Иванова О.В. Агрохимические показатели, содержание и запасы подвижных и необменных форм калия в профиле пахотной дерново-подзолистой почвы длительного опыта при внесении возрастающих доз NPK // Российская сельскохозяйственная наука. - 2022. - №5. - С. 54-59. DOI: 10.31857/S2500262722050106, EDN: KJRUKJ
3. Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н. Продуктивность и питательная ценность одновидовых и смешанных посевов козлятника восточного на осушаемых почвах // Кормопроизводство. - 2023. - №7. - С. 22-26. DOI: 10.25685/KPM.2023.004
4. Лазарев Н. Н., Кухаренкова О. В., Куренкова Е. М., Бойцова А. Ю. Изменение урожайности и агрохимических показателей почвы при долготлетнем возделывании козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) // Кормопроизводство. - 2021. - №8. - С. 26-31. DOI: 10.25685/KPM.2021.8.2021.005
5. Мудрых Н.М. Биологизация земледелия – основа сохранения плодородия почв Нечерноземной зоны // Вестник Алтайского государственного университета. - 2017. - №9. - С. 28-32.
6. Полякова Н.В., Лавринова М.Г., Володина Е.Н. Органическое вещество аллювиальных почв разной степени гидроморфизма // Плодородие. - 2016. - № 3 - С. 13-15.
7. Рублюк М.В., Иванов Д.А. Мониторинг агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы мелиорированных агроландшафтов // Плодородие. - 2019. - №2. - С. 28-30. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.09.
8. Черкасов Г.Н. Многолетние травы – важнейший ресурс повышения почвенного плодородия и продуктивности земель // Кормопроизводство. - 2017. - №1. - С. 18-22.
9. Шафран С.А., Курпичников Н.А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. - 2019. - № 4. - С. 3-10. DOI: 10.1134/S0002188119040112
10. Эседуллаев С.Т. Влияние одновидовых и смешанных посевов многолетних трав на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность последующих культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - №6. - С. 29-36. DOI: 10.18551/issn1997-0749.2019-06
11. Debska B. Content and changes in dissolved organic matter in meadow and arable soils over time. Polish Journal of Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 2. P. 183. <https://doi.org/10.17951/pjss.2019.52.2.183>

MONITORING THE FERTILITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL DURING THE CULTIVATION OF SINGLE-SPECIES AND MIXED CROPS OF PERENNIAL GRASSES IN A DRAINED AGRICULTURAL LANDSCAPE

M.V. Rublyuk, D.A. Ivanov, L.N. Pack, Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevsky per., 7, bld. 2, 119017, Moscow, Russia, E-mail: E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

The purpose of the work was to study the dynamics of soil fertility and the productivity of forage crops within long-term exploited land. Monitoring of agrochemical properties of soils and grass yields was carried out in 1998-2023 in a stationary field experiment located within a terminal moraine hill in the Tver region. As a result, it was established that no significant acidification of the soil occurred over 25 years. A significant decrease in the content of available phosphorus and exchangeable potassium in the arable horizons was noted (by 187-612 and 13-135 mg/kg of soil, respectively). The most significant losses of phosphorus (63.4%) and potassium (58%) were recorded in the middle part of the southern slope of the hill. The content of organic matter in the soil increased by 0.12-1.22%. The maximum yield of various types of perennial grasses was obtained in different parts of the southern slope: eastern goat's rue (4.32 t/ha unit) – at the top of the hill, and legume-cereal grass mixture (1.83 t/ha unit) – in the central part of the slope.

Key words: monitoring, fertility, agricultural landscape, drainage, agrochemical indicators, organic matter, soil, mixed crops, oriental goat's rue.