

## ВЛИЯНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА УРОЖАЙНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЛОМЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ И ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

И. В. Ельшаева<sup>1</sup>, А. С. Пинаева<sup>1</sup>, В. И. Титова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия  
[elshaevaiv@mail.ru](mailto:elshaevaiv@mail.ru), [pinaeva95@inbox.ru](mailto:pinaeva95@inbox.ru)

<sup>2</sup>Нижегородский государственный агротехнологический университет,  
г. Нижний Новгород, Россия  
[titovavi@yandex.ru](mailto:titovavi@yandex.ru)

**АННОТАЦИЯ.** Статья посвящена изучению влияния осадка сточных вод, используемого в качестве удобрения, на урожайность, а также на обеспечение минеральным питанием бобово-злаковых и злаковых трав. Мелкоделяночный полевой опыт был заложен в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Осадок сточных вод вносили в виде компоста в смеси с кислым верховым торфом в соотношении 1:0,25. Компост применялся в двух вариантах: самостоятельно (в дозе 20 т/га, 40 т/га) и совместно с минеральными удобрениями. Для сравнения действия компоста из осадка сточных вод вносили полуперепревший навоз в аналогичных вариантах. За 2 года опыта внесение осадка сточных вод положительно повлияло на урожайность трав, а также повышало содержание биогенных элементов.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, органические удобрения, вико-овсяная смесь, райграс пастбищный, NPK в растениях.

**Актуальность.** На повышение качества растениеводческой продукции положительное воздействие оказывает различные агротехнические приёмы и одним из главных является применение минеральных и органических удобрений. Внесенный в почву удобрительный материал не только увеличивает урожайность растений, но и повышает содержание питательных элементов, входящих в состав органических соединений, отдельные элементы питания оказывают влияние на активность ферментативных систем растения. Так, минеральный азот, поступивший из почвы, входит в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов, алкалоидов. Фосфор (доступная форма для растений  $PO_4^{3-}$ ,  $PO_4^{2-}$ ) обеспечивает энергетический обмен (АТФ, АДФ), ускоряя развитие всех процессов, активизирует рост корневой системы, закладки генеративных органов. Калий ( $K^+$ ) участвует в регуляции вязкости цитоплазмы, в повышении гидротации её коллоидов, водоудерживающей способности, является активатором многих ферментных систем, участвует в транспорте углеводов, а также служит основным противоионом для

нейтрализации отрицательных зарядов неорганических и органических анионов [1, 2].

В связи с этим, актуальной является цель работы, заключающаяся в оценке влияния компоста из осадка сточных вод на урожайность, а также на обеспечение минеральным питанием бобово-злаковых и злаковых трав на фоне применения навоза и органических удобрений в комплексе с минеральными.

**Условия, объекты и методы исследования.** Полевой мелкоделяночный опыт был заложен в 2021 году в учебном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Схема опыта состояла из 7 вариантов:

1. Контроль;
2. Навоз – 20 т/га;
3. Компост ОСВ – 20 т/га;
4. Навоз – 20 т/га + N30P30K30;
5. Компост ОСВ – 20 т/га + N30P30K30;
6. Навоз – 40 т/га;
7. Компост ОСВ – 40 т/га.

Повторность опыта 3-х кратная. Размер делянки составлял 5,06 м<sup>2</sup>. Исследуемые бобово-злаковые, злаковые культуры: вико-овсяная

смесь *Vicia sativa*, *Avena sativa* L. (2021 год опыта), райграс пастбищный *Lolium perenne* (2022 год опыта).

В качестве традиционного органического удобрения использовали навоз подстилочный крупного рогатого скота, полуперепревший. Компост из ОСВ приготовлен по следующей технологии: осадки сточных вод смешивали с золой, полученной при сжигании каменного угля в соотношении 1:0,3. Полученная смесь характеризовалась щелочной средой, показатель pH в начале приготовления достигал 13. Для нормализации кислотности смесь компостируют с кислым верховым торфом (pH 3,2) в соотношении торф: ОСВ с золой – 1: 0,25. В результате компостирования кислотность была отмечена на уровне 6,8 pH, содержание тяжелых металлов в компосте не превышало нормативов, установленных ГОСТ Р 54651–2011.

В качестве минеральных удобрений применялись: аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) – 34%(N); калимагнезия ( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$ ) – 29% (K); суперфосфат простой ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$ ) – 26% (P). В 2021 году минеральные удобрения в дозе N30P30K30 были внесены при посеве в соответствии с рекомендациями агрохимических исследований. На следующий год была внесена подкормка в виде азофоски с содержанием действующего вещества 16:16:16 в дозе N30P30K30.

Полевой опыт был заложен на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой глеевой на моренном суглинке почве. Агрохимическая характеристика, следующая: среднее содержание гумуса ( $C_{\text{орг}}=3,6\%$ ), обменная кислотность ( $\text{pH}_{\text{KCl}}=5,29$ ) характеризуется как слабокислая. Почва высоко обеспечена подвижными соединениями фосфора и калия (339 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$ /кг, 440 мг  $\text{K}_2\text{O}$ /кг). [3–4]

После внесения удобрений в 2021 году агрохимическая характеристика почвы опытных участков была следующая: органическое вещество – 4,73%(ниже среднего) контрольный вариант, 6,24–6,89% с удобрениями(среднее),  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,57–5,50 (среднее, слабокислые), подвижный  $\text{P}_2\text{O}_5= 375\text{--}832$  мг/кг (очень высокое),  $\text{K}_2\text{O}=337\text{--}561$  мг/кг (очень высокое)[5].

В 2022 году: органическое вещество – 4,11% (ниже среднего) контрольный вариант, 6,28–8,19% с удобрениями(среднее-высокое) [6],  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,00–5,34 (средне, слабокислые),

подвижный  $\text{P}_2\text{O}_5= 450\text{--}830$  мг/кг (очень высокое),  $\text{K}_2\text{O}=405\text{--}622$  мг/кг (очень высокое).

Агрохимические свойства почвы определяли в соответствии со следующими методиками: органическое вещество почвы – ГОСТ 262213–2021, обменная кислотность – ГОСТ 26483–85, подвижные формы фосфора и калия – ГОСТ Р 54650–2011. Биохимический анализ полученного растительного материала осуществляли методом мокрого озоления по Гинзбургу. Данные эксперимента обработаны методами дисперсионного и корреляционного анализа компьютерными программами Excel, Diana.

**Обсуждение результатов.** Результаты, полученные в первый год полевого опыта, показали эффективность всех используемых удобрений, в том числе и компоста из осадка сточных вод (рис. 1). Заметна тенденция повышения урожайности зеленой массы растений при одностороннем использовании органических удобрений в дозе 20 т/га. На фоне данной насыщенности органическими удобрительными материалами внесение полного минерального удобрения привело к достоверному повышению продуктивности вико-овсяной смеси только в варианте с применением компоста из ОСВ. С последующим увеличением доз навоза и компоста ОСВ до 40 т/га продуктивность биомассы растений значительно увеличилась по сравнению с контролем. При этом наибольшим выходом зеленой массы характеризовался вариант с внесением навоза в дозе 40 т/га (прибавка составила 38,08%).

Урожайность райграса в целом по опыту была невысокой. Это объясняется биологической особенностью злаковых газонных трав, которые в первый год пользования формируют в основном корневую систему и узел кущения. Тем не менее, имеются достоверные различия урожайности этого года по вариантам. Наибольшая достоверная прибавка к урожайности наблюдалась в вариантах с внесением навоза и компоста в дозе 40 т/га (прибавка к контролю составила 77,30–69,23%). В вариантах с внесением навоза и компоста 20 т/га и в комплексе с минеральными удобрениями урожайность райграса на одном уровне.

В составе травостоя вико-овсяной смеси преобладал овес. В процентном соотношении

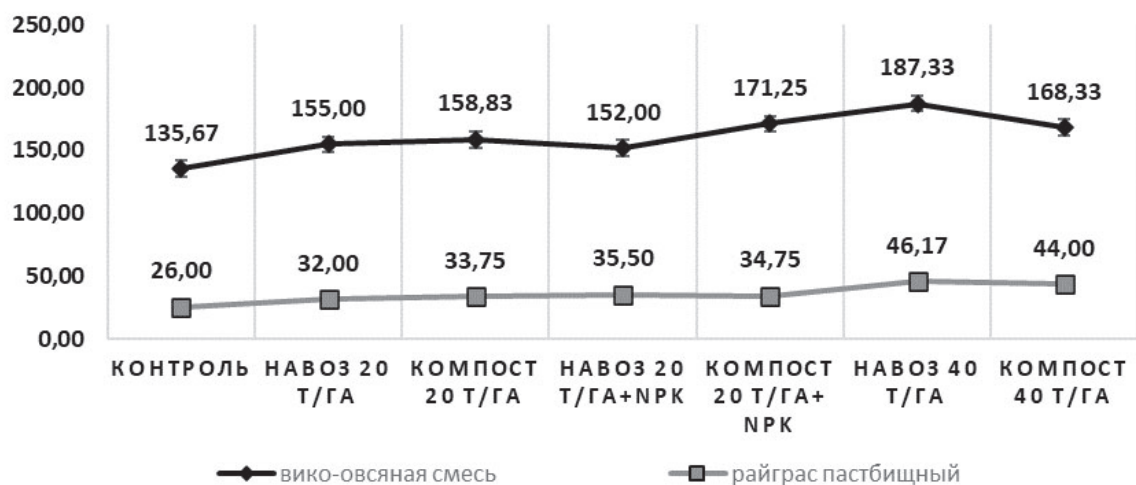


Рисунок 1. Урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси, райграса пастбищного, ц/га  
 $HCp_{05} = 20,60; 16,28$  соответственно

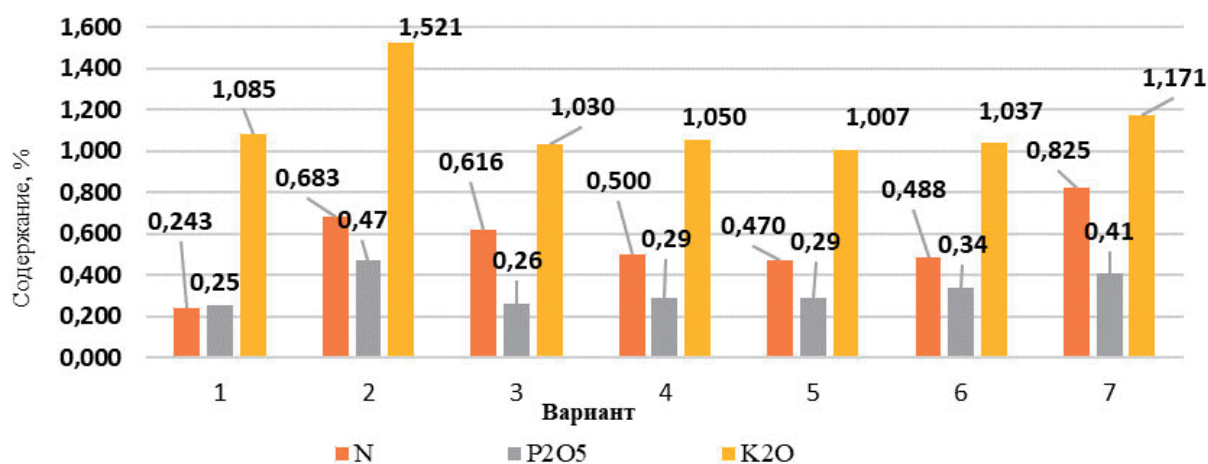


Рисунок 2. Содержание азота, фосфора и калия в соломе вико-овсянной смеси, %

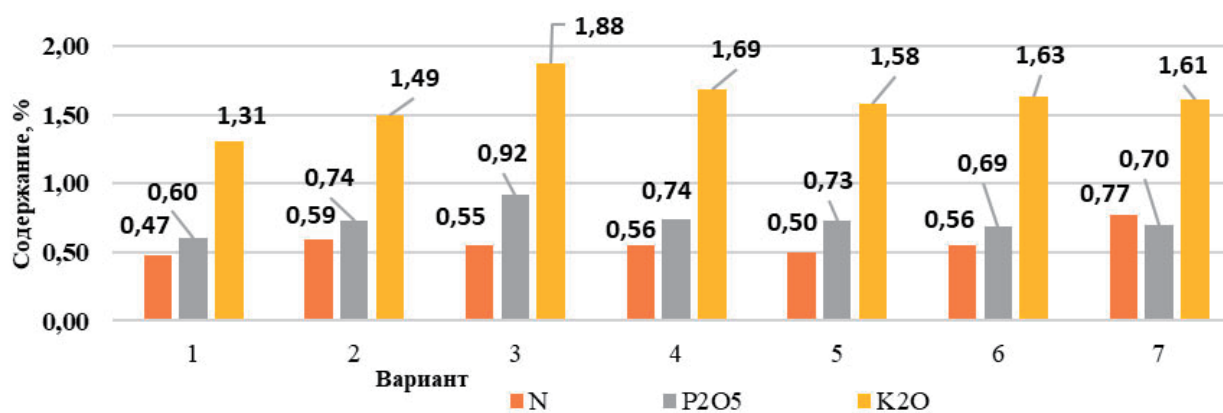


Рисунок 3. Содержание азота, фосфора и калия в соломе райграса пастбищного, %

на данную культуру приходилось 80%. Содержание сухого вещества в растениях варьировало от 18 до 24%. Концентрация основных питательных элементов представлена на рис. 2.

Применение удобрений способствовало увеличению поступления азота в растения овса и вики. Максимальное его количество в соломе бобово-злаковых трав (более 0,8%) обеспечило применение компоста ОСВ в дозе 40 т/га. Растения отличались высоким содержанием зольных элементов (фосфора и калия). Анализ содержания калия в надземной массе свидетельствует о достаточно высокой усвояемости культурой данного элемента, вместе с тем процентное содержание калия в изучаемых вариантах было на уровне контрольного варианта, за исключением варианта 2 (навоз 20 т/га). Применение компоста, обогащенного ОСВ, в сравнении с подстилочным навозом, мало отразилось на поступлении фосфора в растения. Доза его в 40 т/га способствует увеличению поступления фосфора в травы на уровне навоза в дозе 20 т/га.

Содержание азота и зольных элементов в соломе райграса свидетельствует о доступно-

сти основных элементов питания органических удобрений в последствии (рис. 3).

Большая часть макроэлементов в соломе райграса приходится на долю калия. Содержание его колеблется от 1,3% в контрольном варианте до 1,9% в варианте с использованием компоста ОСВ в дозе 20 т/га. Концентрация фосфат-ионов в травах не зависела от фосфатного уровня в почве находилась в пределах среднестатистических величин для злаковых луговых трав. Следует отметить тенденцию накопления азота в биомассе злаковых трав при внесении органических удобрительных материалов.

**Выводы.** На основании приведенных данных можно утверждать, что внесение компоста из ОСВ оказало положительное действие на урожайность исследуемых культур в год внесения и в последствии. Во всех вариантах с применением органических удобрений происходило накопление азотсодержащих соединений в растениях по сравнению с контролем. Применение компоста, обогащенного ОСВ, повышало содержание фосфора в соломе трав независимо от дозы применяемых удобрений.

## INFLUENCE OF SEWAGE SLUDGE ON THE YIELD AND CONTENT OF MAIN NUTRIENTS IN THE STRAW OF LEGUMINES-CEREALS AND CEREAL GRASSES

*I. V. Elshaeva<sup>1</sup>, A. S. Pinaeva<sup>1</sup>, V. I. Titova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Pushkin, Russia  
[pinaeva95@inbox.ru](mailto:pinaeva95@inbox.ru), [elshaevaiv@mail.ru](mailto:elshaevaiv@mail.ru)*

*<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia  
[titovavi@yandex.ru](mailto:titovavi@yandex.ru)*

**ABSTRACT.** The article is devoted to the study of the effect of sewage sludge used as fertilizer on productivity, as well as on the provision of mineral nutrition to legumes, cereals and cereal grasses. The small-scale field experiment was carried out in the educational and experimental garden of the St. Petersburg State Agrarian University. Sewage sludge was added in the form of compost mixed with acidic high-moor peat in a ratio of 1:0.25. Compost was used in two versions: independently (at a dose of 20 t/ha, 40 t/ha) and against the background of the application of mineral fertilizers. To compare the effect of compost from sewage sludge, half-rotted manure was added in similar variants. Over 2 years of experience, the application of sewage sludge had a positive effect on grass yields and also increased the content of nutrients (NPK) elements.

**Keywords:** sewage sludge, organic fertilizers, vetch-oat mixture, perennial ryegrass, NPK in plant.

## Литература

- <sup>1</sup> Титова В. И. Агроэкология: учебное пособие. Н. Новгород. Нижегородская ГСХА, 2018. 201 с.
- <sup>2</sup> Третьяков Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М: Колос, 2000. 640 с.
- <sup>3</sup> Воробейков Г.А., Царенко В.П., Лунина Н. Ф. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и фитофизиологии. СПб: Проспект Науки, 2014. 144 с.
- <sup>4</sup> Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – 6-е изд., стереотип. – М: ИД Альянс, 2011. 352с.
- <sup>5</sup> Ефремова М. А., Ельшаева И. В., Пинаева А. С. Влияние органического вещества почвы на накопление кадмия сельскохозяйственными растениями // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4 (73). С. 33–45, doi:10.24412/2078-1318-2023-4-33-45.
- <sup>6</sup> Орлов Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – 2004. № 8. С. 918–923.