

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 15.11.2023)

Удобрительное орошение стоками свиноводческого комплекса на фоне поглощающего дренажа и агромелиоративных мероприятий повышает урожай сухого вещества многолетних трав в среднем на 42,5–69,3 % по сравнению с необработанными и неорошаемыми участками. Наиболее существенные прибавки, полученные в вариантах 7 и 8, составили 30,5–35,4 ц/га сухого вещества трав, или 59,7–69,3 % соответственно. Прибавки от совместного применения орошения и агро-мелиоративной обработки были существенны на 5%-ном уровне значимости, что указывает на их достоверность. Прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав от способа агро-мелиоративной обработки были существенны во все годы исследований только в вариантах 7 и 8. Наиболее отзывчивыми на орошение и агро-мелиоративную обработку оказались многолетние травы в маловодные годы, когда во всех вариантах мелиоративной обработки были получены существенные прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав. Качество растениеводческой продукции, по данным зоотехнического анализа, соответствует ветеринарным требованиям, в том числе и по содержанию нитратов. Способ обработки не оказывал существенного влияния на показатели кормовой ценности сухой массы трав. Применение удобрительного орошения на фоне поглощающего дренажа в сочетании с агро-мелиоративными мероприятиями позволяет увеличить производство кормов по сравнению с неорошаемым и необработанным вариантом на 1,03–1,68 т. к. е. с 1 гектара в зависимости от технологии обработки. Это дает возможность произвести дополнительную животноводческую продукцию, стоимость которой колеблется от 169 до 303 \$/га, в зависимости от способа обработки. Дополнительный чистый доход (чистая прибыль) с 1 га составит 60–90 руб/га, что эквивалентно 25–36 \$ с каждого орошаемого гектара.

Ключевые слова: удобрительное орошение, агро-мелиоративная обработка почвы, урожайность многолетних трав, эффективность.

Fertilizer irrigation with wastewater from a pig-breeding complex against the background of absorption drainage and agro-reclamation measures increases the yield of dry matter of perennial grasses by an average of 42.5–69.3 % compared to untreated and non-irrigated areas. The most significant increases obtained in options 7 and 8 amounted to 3.05–3.54 t/ha of grass dry matter, or 59.7–69.3 %, respectively. The increases from the combined use of irrigation and agro-reclamation treatment were significant at the 5 % significance level, which indicates their reliability. Increases in the yield of dry matter of perennial grasses from the method of agro-reclamation treatment were significant in all years of research only in options 7 and 8. Perennial grasses turned out to be the most responsive to irrigation and agro-reclamation treatment in low-water years, when significant increases in the yield of dry matter of perennial herbs were obtained in all options of reclamation treatment. The quality of crop products, according to zootechnical analysis, meets veterinary requirements, including nitrate content. The treatment method did not have a significant effect on the feed value of the dry mass of herbs. The use of fertilizing irrigation against the background of absorption drainage in combination with agro-reclamation measures makes it possible to increase the production of feed compared to the non-irrigated and untreated option by 1.03–1.68 t of feed units per 1 hectare, depending on the tillage technology. This makes it possible to produce additional livestock products, the cost of which ranges from 169 to 303 \$/ha, depending on the treatment method. Additional net income (net profit) from 1 hectare will be 60–90 rubles/ha, which is equivalent to 25–36 \$ from each irrigated hectare.

Key words: fertilizing irrigation, agro-reclamation tillage, productivity of perennial grasses, efficiency.

В настоящее время для утилизации и обезвреживания животноводческих стоков применяют различные технологии. Одной из них является использование их для удобрительного орошения сельскохозяйственных культур. Для реализации этой технологии при животноводческих комплексах построены специализированные водооборотные мелиоративные системы. Опыт их эксплуатации показывает, что даже на совершенных водооборотных системах не обеспечивается экологическая безопасность. Прежде всего, это относится к отдельным элементам осушительной сети, которая должна перехватывать загрязненный поверхностный и внутрипочвенный сток и отводить его в аккумулирующие пруды с последующим использованием для орошения. Для уменьшения объема сбросного стока обычно применяют агро-мелиоративные мероприятия, которые позволяют более эффективно использовать стоки, улучшая водно-воздушный режим почвы и повышая урожайность сельскохозяйственных культур. На основании обобщения практического опыта эксплуатации специализированных мелиоративных систем с использованием животноводческих стоков для орошения отмечается, что конструкции дренажно-сбросной сети водооборотных систем требуют усовершенствования путем применения специальных приемов и устройств, которые позволили бы снизить объем поверхностного и дренажного стока. В связи с этим совершенствование агро-мелиоративных мероприятий и разработка новых технических решений по повышению экологической безопасности агроландшафтов с крупными животноводческими комплексами является актуальной задачей.

В работах О. А. Захаровой (2004), В. С. Брезгунова (2001) показаны пути снижения негативного влияния животноводческих стоков на окружающую среду. В работах В. И. Желязко (2003.), П. Ф. Тиво (2006), М. Г. Голченко (2008) приведены рекомендации по обоснованию режимов удобрительного орошения и технологии увлажнения при использовании животноводческих стоков. Материалы исследований Л. П. Овцова (2002), В. А. Михеева (2003), А. С. Давыдова (2005), Г. Е. Мерзлой (2005) посвящены рациональному использованию стоков свиноводческих комплексов в растениеводстве.

Общеизвестно, что урожай сельскохозяйственных культур является интегрированным показателем плодородия почв. Причем в условиях орошения стоками животноводческих комплексов создаются объективные условия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при соблюдении агротехнических мероприятий.

С целью совершенствования агромелиоративных мероприятий, применяемых на специализированных мелиоративных системах и повышения их экологической безопасности были проведены многолетние (2000–2020 гг.) исследования. Одной из задач, которые решались в ходе производственных исследований, было изучение влияния удобрительного орошения на урожай многолетних трав и оценка экономической эффективности удобрительного орошения.

Производственные исследования были проведены на оросительной системе РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. Лабораторные опыты, а также аналитические исследования проведены по стандартным методикам. Обработка экспериментальных данных выполнена методом парной и множественной корреляции, дисперсионного анализа с использованием компьютерных технологий.

Схема опытов включала 8 вариантов мелиоративной обработки почвогрунтов, которые представлены в табл. 1. В этой же таблице приведена средняя урожайность сухого вещества многолетних трав за весь период исследований.

Таблица 1.

№ № вариантов	Вид агро-мелиоративной обработки	Средняя урожайность сухого вещества многолетних трав, ц/га
1	Без орошения стоками и мелиоративных мероприятий	51,1
2	Орошение стоками без мелиоративных мероприятий	72,7
3	Орошение стоками + поглощающий дренаж	76,1
4	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением на 30 см	77,4
5	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см	78,6
6	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с внесением соломы в почву в количестве 4 т/га	78,3
7	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га	81,6
8	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га	86,4

Перечисленные в табл. 1 варианты опыта характеризовались следующими параметрами. В варианте 1 обработка почвы и поливы не проводились. В варианте 2 обработка почвы не проводилась, но осуществлялись поливы стоками. В вариантах опыта 3–8 поглощающие дрены представляли собой траншеи глубиной 0,8 м. На дно траншей укладывался слой соломы или растительных остатков слоем 20 см. После этого траншеи засыпались вынутым грунтом. Расстояние между соседними поглощающими дренами принималось 10 метров. Траншеи устраивались траншейным экскаватором и имели ширину 20 см. Для повышения эффективности перевода поверхностного стока во внутрипочвенный через 5 м по длине поглощающей дрены устраивались фильтрационные окна с использованием для этой цели пожнивных остатков. Уклон дрен составлял в среднем 0,002. В варианте 4, кроме поглощающих дрен, выполнялось почвоуглубление путем припахивания подпахотного горизонта с глубиной почвоуглубления 30 см. Для этого использовали средства механизации, которые имеются в хозяйстве – многокорпусные плуги на базе трактора МТЗ. Вариант 5 представлял собой сочетание поглощающего дренажа с рыхлением на глубину 60 см, чтобы не повредить закрытые дрены. Рыхление осуществлялось рыхлителем-щелевателем РЩ–3,5. В варианте 6 наряду с поглощающим дренажем производилось запахивание соломы в количестве 4 т/га. Предварительно солома измельчалась и по возможности равномерно распределялась по поверхности участка, затем проводился полив стоками свинокомплекса, а после подсыхания поверхности производилось запахивание на глубину 20–25 см.

Урожайность многолетних трав учитывали методом сплошной уборки делянок. Применялся трехкосный режим использования травостоя. Первый укос проводили в фазу начала колошения и заканчивали его в 1 декаде июня, второе скашивание проводили в конце июля, а третье – в середине

сентября. Продолжительность первого межуточного периода составляла в различные годы 40–50 дней, второго – 45–55 дней и третьего 35–45 дней. Данные средней урожайности сухого вещества многолетних трав за весь период исследований приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что орошение стоками существенно повышало урожайность многолетних трав. При этом поглощающий дренаж и агрономелиоративные мероприятия на фоне поливов стоками в большей степени способствовали росту урожайности многолетних трав.

Самая высокая за весь период исследований урожайность сухого вещества многолетних трав была получена во второй год использования травостоя в 2000 и 2010 гг. в варианте 8 при орошении стоками на фоне поглощающего дренажа в сочетании с агрономелиоративными мероприятиями и внесением в почву соломы и составила 96,6 и 97,0 ц/га соответственно.

Таким образом, орошение положительно повлияло на урожайность сухого вещества многолетних трав, обеспечивая в среднем прибавки от 42,5 до 69,3 % по сравнению с неорошаемым контролем. Результаты статистической обработки опытных данных показали, что прибавки урожайности достоверны на 5%-ном уровне значимости. В разрезе лет наблюдений прибавки урожая трав имели свои особенности, обусловленные метеорологическими условиями.

Так, в засушливые годы прибавки от орошения колебались от 29,7–35,2 % без агрономелиоративных мероприятий до 53,3–73,0 % в варианте 8, где орошение стоками было проведено на фоне поглощающего дренажа в сочетании с другими агрономелиоративными приемами. Совместное действие орошения стоками и агрономелиоративных приемов оказало хорошее влияние на урожай трав в условиях недостатка естественного увлажнения.

Таблица 2.

2020

Годы	Варианты опыта								НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Среднее по вариантам	–	<u>21,7</u> 42,5	<u>25,1</u> 49,1	<u>26,4</u> 51,7	<u>27,5</u> 53,8	<u>27,2</u> 53,2	<u>30,5</u> 59,7	<u>35,4</u> 69,3	3,1

Примечание. В числителе – прибавки урожайности в ц/га, а в знаменателе – %.

Во влажные годы проводились только удобрительные поливы, приуроченные к укосам трав. Прибавка урожая в среднем составила была (49,7 %) в варианте 2 и наибольшая (69,2 %) в варианте 8.

Практически для всех лет наблюдений в зависимости от величины прибавки урожая технологии обработки можно представить в виде следующего ранжированного ряда: вариант 2 < вариант 3 < вариант 4 < вариант 5 < вариант 7 < вариант 8.

Зависимость прибавок урожая от способа обработки можно проследить, если сравнить данные по урожайности в вариантах с агрономелиоративными приемами и результатами измерения урожайности в варианте 2 без агрономелиоративной обработки, но в условиях орошения (табл. 3).

Таблица 3.

Годы	Варианты опыта								НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Среднее по вариантам	–	–	<u>3,4</u> 4,6	<u>4,7</u> 6,5	<u>5,8</u> 8,1	<u>5,5</u> 7,7	<u>8,8</u> 12,4	<u>13,7</u> 19,2	3,2

Примечание. В числителе – прибавки урожайности в ц/га, а в знаменателе – %.

Анализируя результаты расчетов в табл. 3, можно отметить, что агрономелиоративная обработка почвы обеспечивала прирост урожайности от 1,0 до 29,9 % по сравнению с орошаемыми, но необработанными участками. Наиболее средние существенные прибавки были получены в вариантах 7 и 8, составившие соответственно в среднем 12,4 и 19,2 %.

При сочетании поглощающего дренажа с почвоуглублением (вариант 4) поливы животноводческими стоками способствовали повышению урожайности многолетних трав в среднем на 6,5 %.

Более существенные прибавки урожая многолетних трав достигаются при удобрительных поливах при запахивании в почву соломы (вариант 6). На фоне поглощающего дренажа это мероприятие повышало урожайность трав в среднем на 7,7 % по сравнению с вариантом 2. В варианте 7, где удобрительные поливы проводились на фоне поглощающего дренажа в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы, прибавка урожая многолетних трав по сравнению с контролем достигла 12,4 %.

Максимальные прибавки урожая в исследованиях были получены на фоне поглощающего дренажа в сочетании с глубоким рыхлением и внесением соломы в разрыхленные верхние слои почвы (вариант 8). Здесь урожайность была выше, чем в варианте 2, она достигла 19,2 %.

Внесение значительного количества питательных элементов в почву с животноводческими стоками способствует не только повышению урожайности многолетних трав, но и существенному изменению ее качественных показателей. Это обусловлено биологическими особенностями многолетних

трав, а также создаваемым при внесении стоков питательным режимом. Показатели качества кормовой массы сена приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Показатели, %	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сырой протеин	9,5	13,9	14,1	14,1	13,7	14,0	13,8	14,2
Сырой жир	3,1	3,4	3,5	3,3	3,4	3,6	3,8	3,8
Сырая клетчатка	28,0	27,2	27,3	27,6	27,4	27,4	27,0	26,5
Сахар	9,9	9,0	9,3	9,1	9,0	9,1	9,0	8,9
Каротин	45,1	58,0	58,5	57,4	57,9	59,5	58,8	59,4
Фосфор (Р)	0,31	0,35	0,34	0,36	0,35	0,34	0,36	0,37
Кальций (Са)	0,57	0,50	0,52	0,51	0,52	0,51	0,50	0,51
Калий (К)	1,50	1,83	1,80	1,71	1,68	1,72	1,68	1,67

Из табл. 4 видно, что показатели качества сухой массы трав по вариантам опыта колеблются. Так перевариваемый сырой протеин составил 9,5–14,2, сырая клетчатка – 26,5–28,0, сырой жир – 3,1–3,8, сахар – 8,9–9,9, а каротина – 45,1–59,5. В корме содержалось фосфора 0,31–0,37 %, кальция – 0,51–0,57 %, калия – 1,50–1,83 %.

Для подтверждения достоверности влияния удобрительного орошения на качество сухой массы сена была проведена статистическая обработка данных (табл. 5).

Таким образом, следует отметить положительное влияние удобрительных поливов многолетних трав на содержание в их сухой массе протеина, жира, каротина, клетчатки и фосфора.

Таблица 5.

Показатели, %	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сырой протеин	–	5,4	4,6	5,3	5,5	5,4	6,2	6,5
Сырой жир	–	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,7	0,7
Каротин	–	12,9	13,4	12,3	12,8	14,4	13,7	14,3
Фосфор (Р)	–	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06
Кальций (Са)	–	–	–	–	–	–	–	–
Калий (К)	–	0,33	0,30	0,21	0,18	0,22	0,18	0,17

В вариантах 2, 3, 4, 5 и 6 изменения показателей кормовой ценности были несущественными для протеина и содержания кальция. Исключением являлся вариант 8, в котором изменения качественных показателей сухой массы трав были существенны по сравнению с неорошаемым контрольным вариантом.

Для оценки влияния способа мелиоративной обработки на качественные показатели сухой массы трав была выполнена статическая обработка данных опыта, которая показала, что способ обработки не оказывал существенного влияния на кормовую ценность сухой массы трав.

Кроме изложенного выше, на основании опытных данных были выполнены расчеты экономической эффективности агро-мелиоративных мероприятий, представленные в табл. 6.

Таблица 6.

Показатели, ед. измерения	Варианты опыта							
	2	3	4	5	6	7	8	
Прибавка производства кормов с орошаемых земель, т. к. е./га	1,03	1,19	1,25	1,31	1,29	1,45	1,68	
Производство животноводческой продукции за счет дополнительных кормов, тонн/га								
молоко	0,13	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,24	
говядина	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	
Стоимость животноводческой продукции, полученной за счет дополнительных кормов, всего, руб./га	423	513	537	570	636	747	759	
молоко	248	302	317	336	375	441	450	
говядина	175	211	220	234	261	306	309	
Себестоимость дополнительной продукции, руб./га	364	442	462	488	549	645	654	
молоко	219	263	276	292	325	382	388	
говядина	145	179	186	196	224	263	266	
Чистая прибыль, руб./га	60	68	73	76	81	85	90	

В данном расчете были использованы прибавки урожайности от совместного влияния удобрительного орошения и различных вариантов агро-мелиоративной обработки, включая поглощающий дренаж.

Они показали, что за счет агро-мелиоративной обработки и поглощающего дренажа на фоне удобрительного орошения производство кормов возросло и составило 1,03–1,68 т. к. е. с 1 гектара. Это позволило получить дополнительную животноводческую продукцию, стоимость которой составила в

варианте орошения 2 в сопоставимых ценах 423 руб/га, а в вариантах с агромелиоративными мероприятиями колебалась от 513 до 759 руб/га ежегодно в зависимости от технологии обработки, что эквивалентно 169–303 \$. Следует также отметить, что проводимые мероприятия способствовали повышению себестоимости продукции. Однако за счет совместного действия агромелиораций и орошения был получен дополнительный чистый доход 60–90 руб/га, что эквивалентно 25–36 \$ с каждого орошаемого гектара.

Удобрительное орошение стоками свиноводческого комплекса на фоне поглощающего дренажа и агромелиоративных мероприятий повышает урожай сухого вещества многолетних трав в среднем на 42,5–69,3 % по сравнению с необработанным и неорошаемым вариантом 1. Наиболее существенные прибавки, составившие 30,5–35,4 ц/га сухого вещества трав, или 59,7–69,3 % соответственно получены в вариантах 7 и 8. Прибавки от совместного применения орошения и агромелиоративной обработки были существенны на 5%-ном уровне значимости, что указывает на их достоверность. Прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав от способа агромелиоративной обработки были существенны во все годы исследований только в вариантах 7 и 8. Существенных прибавок от способа обработки на фоне орошения не получено в вариантах 3 (поглощающий дренаж) и 4 (поглощающий дренаж + почвоуглубление). Прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав колебались и по годам исследований. Наиболее отзывчивыми на орошение и агромелиоративную обработку оказались травы в 2010 годах, во всех вариантах были получены существенные прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав.

2. Качество растениеводческой продукции, по данным зоотехнического анализа, соответствует ветеринарным требованиям, в том числе и по содержанию нитратов. Вместе с тем анализ результатов статистической обработки показал, что полученные качественные изменения показателей сухой массы за счет удобрительного орошения колеблются. Так, перевариваемый сырой протеин в процентах на 1 кг корма составил 9,5–16,0, сырая клетчатка 26,5–28,0, сырой жир 3,1–3,8, сахар 8,9–9,9, а каротина 45,1–59,5. В корме содержалось: фосфора 0,31–0,37 %, кальция 0,51–0,57 %, калия 1,50–1,83 %.

В вариантах 2, 3, 4, 5 и 6 изменения показателей кормовой ценности были незначительными для протеина и содержания кальция. Исключением являлся вариант 8, в котором изменения качественных показателей сухой массы трав были существенны по сравнению с неорошаемым контрольным вариантом. Способ обработки не оказывал существенного влияния на показатели кормовой ценности сухой массы трав.

3. Применение удобрительного орошения на фоне поглощающего дренажа в сочетании с агромелиоративными мероприятиями позволяет увеличить производство кормов по сравнению с неорошаемым и необработанным вариантом на 1,03–1,68 т. к. е. с 1 гектара в зависимости от технологии обработки. Это дает возможность произвести дополнительную животноводческую продукцию, стоимость которой колеблется от 169 \$/га в варианте 2 до 303 \$/га в варианте 8. Дополнительный чистый доход (чистая прибыль) с 1 га составит 60–90 руб/га, что эквивалентно 25–36 \$ с каждого орошаемого гектара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брезгунов, В. С. Гидрохимический режим на водосборах с полями орошения животноводческими стоками / В. С. Брезгунов, А. Л. Жуховицкая, И. К. Талерчик // Весті АН БССР. – 2001. – № 3. – С. 3–48.
2. Голченко, М. Г. Использование животноводческих стоков для орошения сельскохозяйственных культур в Белоруссии / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко // Сточные воды и их использование в сельском хозяйстве: научные труды межвузовского координационного совета по использованию сточных вод. Вып. 2. – Алма-Ата, 2008. – С. 69–75.
3. Давыдов, А. С. Применение бесподстильного навоза для орошения сельскохозяйственных культур / А. С. Давыдов, Р. П. Воробьева // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: сборник научных трудов. Ч. 2. – Москва, 2005. – С. 173–176.
4. Желязко, В. И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах Нечерноземья: монография / В. И. Желязко, П. Ф. Тиво, Ю. А. Мажайский. – Рязань: Мещерский филиал Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2006. – 304 с.
5. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов / В. И. Желязко. – Горки, 2003. – 168 с.
6. Захарова, О. А. Микробиоценоз почвы при разных уровнях антропогенного воздействия: монография / О. А. Захарова, Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский. – Рязань, 2004. – 162 с.
7. Мерзлая, Г. Е. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстильного навоза / Г. Е. Мерзлая. – Москва: Россельхозакадемия, 2005. – 463 с.
8. Михеев, В. А. Ресурсосберегающая технология создания устойчивых агроценозов многолетних трав при использовании животноводческих стоков: специальность 06.01.12: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / В. А. Михеев. – М., 2003. – 51 с.
9. Овцов, Л. П. Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном орошении животноводческими стоками / Л. П. Овцов, В. А. Михеев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 16–18.
10. Тиво, П. Ф. Удобрение злаковых пастбищ жидким / П. Ф. Тиво, Л. А. Зиновенко, Л. А. Саскевич // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1 (50). – С. 156–161.