

## **ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

*А. В. Малышева, И. А. Потапова, Н. В. Сырчина  
Вятский государственный университет, [malysheva.lina.97@mail.ru](mailto:malysheva.lina.97@mail.ru)*

Молочная сыворотка (МС) является одним из основных отходов переработки молока в такие продукты, как сыр, творог, казеин. Содержание сухих веществ в этом отходе в среднем составляет 5,5–7,0%. В состав сухого вещества входят лактоза (до 70% от массы сухих веществ), белки (преимущественно альбумины), жиры, минеральные вещества, витамины, органические кислоты [1].

В настоящее время имеются разнообразные технологии, позволяющие выделять из МС лактозу, белки, витамины; использовать этот отход в качестве вторичного сырья для производства широкого спектра продуктов пита-

ния или получать на ее основе этанол, молочную кислоту, пищевые и кормовые добавки, биоразлагаемые полимеры и другие ценные материалы. Внедрение подобных технологий целесообразно на крупных молокоперерабатывающих предприятиях. На предприятиях малой мощности объемы получаемой сыворотки относительно невелики, поэтому затраты на внедрение соответствующих технологий экономически не оправдываются. В результате МС сливается в канализацию, вызывая ухудшение состояния сточных вод. Одним из перспективных направлений переработки МС на предприятиях любой мощности может стать производство на основе этого отхода органоминеральных удобрений (ОМУ). Использование МС в качестве компонента ОМУ позволяет решить проблему рационального использования МС, не пригодной для производства других товарных продуктов [2].

Перспективность применения МС в качестве компонента удобрений обусловлена наличием в этом отходе комплекса биологически активных веществ, способных оказывать стимулирующее влияние на развитие растений (витамины, ферменты, аминокислоты и пептиды, хлорогеновая и янтарная кислоты и др.). Спрос на подобные удобрения в последние годы существенно увеличивается, в связи с этим внедрение малозатратных технологий переработки МС в ОМУ может представлять для предприятий значительный практический интерес.

**Цель работы** состояла в получении ОМУ на основе МС и изучении влияния полученного удобрения на прорастание семян и развитие проростков однодольных и двудольных растений.

Для достижения цели в процессе исследования были поставлены следующие **задачи**:

- разработка малозатратных способов выделения сухих компонентов из МС с помощью натуральных сорбентов;
- определение оптимальных параметров получения ОМУ на основе отработанного сорбента;
- изучение влияния экспериментальных образцов ОМУ на прорастание семян и развитие проростков однодольных и двудольных растений.

Для выполнения исследований использовалась МС, полученная на одном из молокоперерабатывающих предприятий Кировской области. В таблице 1 представлены данные о химическом составе этого отхода.

Таблица 1

#### **Химический состав молочной сыворотки**

Показатели	Метод определения	Значение
Активная кислотность, рН	Потенциометрический, ГОСТ 32892-2014	4,8±0,1
Кислотность общая (титруемая), °Т	Титриметрический, ГОСТ 3624-92	85±2
Общее содержание сухих веществ, %	Гравиметрический, ГОСТ 3626-73	6,6±0,4
Содержание белка, %	Метод Кьельдаля, ГОСТ Р 53951-2010	1,5±0,1
Содержание сахаров, %	Иодометрический, ГОСТ Р 54667-2011	4,6±0,2
Содержание жиров, %	Кислотный, ГОСТ 5867-90	0,10±0,01

Выделение сухих компонентов из МС осуществлялось сорбционным методом. В качестве сорбентов использовались глауконит, выделенный из кварцево-глауконитовых песков методом магнитной сепарации и глауконитовый концентрат (отход переработки фосфоритных руд Вятско-Камского месторождения). Содержание глауконита в концентрате составляло  $45\pm 5\%$ ; кроме глауконита, в состав глауконитового концентрата входили фосфориты мелких фракций, известковые компоненты и кварцевый песок. Содержание соответствующих примесей в глауконите, полученном методом магнитной сепарации, не превышало  $5\pm 1\%$ .

Выбор глауконитсодержащих материалов в качестве сорбентов для выделения сухих веществ из МС был обусловлен следующими причинами:

- выраженные сорбционные свойства глауконита по отношению к широкому спектру органических и неорганических веществ;
- ценные агрохимические характеристики (благоприятный химический состав; способность к ионному обмену, хорошая влагосвязывающая способность, положительное влияние на структурные характеристики почвы) [3, 4];
- оптимальный гранулометрический состав;
- доступность и сравнительно низкая стоимость.

Для нейтрализации избыточной кислотности сыворотки применяли известь, с помощью которой рН отхода доводили до 6,5–7,0. После нейтрализации МС пропускали через колонку, заполненную сорбентом (глауконит или глауконитовый концентрат). Отработанный сорбент высушивали при температуре 100 °С до остаточной влажности 11–12%. Полученные таким образом продукты представляли собой сыпучие, непылящие, мелкозернистые материалы темного цвета, готовые для использования в качестве удобрений (ОМУ1 – глауконит+МС и ОМУ2 – глауконитовый концентрат+МС).

Для изучения влияния полученных образцов ОМУ на растительные объекты использовали метод биотестирования (метод проростков) [5]. В качестве субстрата для проращивания семян тест-культур применяли речной песок, в который вносили добавки тестируемых компонентов. Экспериментальные исследования выполняли в трех повторностях. Полученные результаты подвергали статистически обрабатывали в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Варианты эксперимента:

- 1) контроль (субстрат без добавок);
- 2) субстрат + МС + глауконитовый концентрат (ОМУ2);
- 3) субстрат + глауконит + МС (ОМУ1);
- 4) субстрат + МС;
- 5) субстрат + глауконитовый концентрат;
- 6) субстрат + глауконит;
- 7) субстрат + фосфоритная мука.

Дозировка всех добавок составляла 0,5% от массы субстрата.

Подготовленные субстраты помещали в пластиковые контейнеры и увлажняли дистиллированной водой. На влажную поверхность субстратов

помещали фильтровальную бумагу, на которую раскладывались семена тест-культур. Проращивание проводили в термостатируемых условиях при температуре  $20 \pm 1$  °С в течение 7 дней. В качестве тест-культур использовали редис (сорт «Жара») и ячмень (сорт «Новичок»).

Оценка влияния добавок на прорастание семян и развитие проростков проводили по таким показателям, как способность прорастания (за 5 суток); дружность прорастания (доля семян проросших за первые сутки прорастания); энергия прорастания (за 3 суток); скорость прорастания (сумма средних чисел семян, прорастающих ежедневно); интенсивность начального роста проростков (масса проростков, длина корней и зеленых ростков). Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Влияние различных добавок на прорастание семян тест-культур**

Показатели	Тест-культуры	Добавки, вносимые в субстрат, согласно вариантам эксперимента						
		Контроль (без добавок)	ОМУ 2	ОМУ 1	МС	Глауконитовый концентрат	Глауконит	Фосфоритная мука
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всхожесть (5 суток), %	ячмень	72,2±7,7	77,8±1,9	88,9±13,9	88,2±3,8	76,7±3,3	85,6±10,0	85,6±10,2
	редис	73,3±6,7	76,7±3,3	82,2±3,8	66,7±5,8	78,9±7,7	76,7±10,0	82,2±10,2
Дружность прорастания, %	ячмень	53,3±10,8	42,2±1,9	50±12,0	46,7±3,3	51,1±7,7	40,0±5,8	60,0±9,4
	редис	33,3±15,3	48,9±1,9	61,1±6,9	25,6±8,4	33,3±8,8	38,9±7,7	48,9±10,2
Энергия прорастания (3 суток), %	ячмень	65,6±5,1	68,9±5,1	76,7±13,3	75,6±1,9	68,9±1,9	66,7±8,8	73,3±14,5
	редис	64,4±13,5	68,9±5,09	76,7±8,8	62,2±15,4	76,7±8,8	72,2±8,4	80,0±8,2
Средняя масса проростков, г на 30 проращиваемых семян	ячмень	9,7±1,4	9,8±1,1	9,9±1,2	6,2±0,7	9,9±0,6	11,8±3,0	8,0±0,7
	редис	1,9±0,4	2,1±0,1	2,1±0,3	1,6±0,5	2,0±0,2	2,2±0,7	2,5±0,4
Средняя длина корней, мм	ячмень	65,8±8,8	71,0±6,3	73,7±11,7	64,3±8,3	69,3±3,6	76,6±4,9	68,1±21,6
	редис	34,5±9,0	33,3±8,0	36,0±1,2	38,0±6,8	36,2±11,3	31,3±8,5	37,2±3,8

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средняя длина ростков, мм	ячмень	53,5±2,4	58,2±8,7	66,7±9,9	57,3±2,5	57,9±7,3	61,8±6,2	61,2±6,9
	редис	24,6±2,5	23,8±5,9	26,5±3,7	22,4±3,9	23,7±4,0	23,3±5,4	26,0±4,2

Скорость прорастания семян тест-культур практически не зависела от состава субстратов.

Приведенные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что внесение в субстрат ОМУ1 и ОМУ2 оказывает более эффективное влияние на прорастание семян и развитие проростков, чем внесение молочной сыворотки или глауконитсодержащих материалов по отдельности. Полученные результаты можно объяснить тем, что МС является источником основных элементов минерального питания для прорастающих семян, а глауконит препятствует закислению субстрата кислотами, образующимися в ходе микробиологических процессов окисления органических веществ (например, окисление лактозы до молочной кислоты). Буферное действие глауконита обусловлено способностью этого материала к ионному обмену (связыванию катионов  $H^+$  и выделению в субстрат эквивалентного количества катионов калия или других катионов).

Результаты выполненных исследований показывают, что для выделения сухих веществ из МС могут быть использованы дешевые и доступные глауконитсодержащие материалы (глауконит или глауконитовый концентрат). Сорбционный метод выделения сухих веществ из МС является малозатратным и достаточно эффективным.

Отработанный сорбент для использования в качестве удобрения следует стабилизировать (высушивать) при температуре не выше 100 °С. Более высокие температуры приводят к реакции меланоидинообразования (реакции Майяра), что негативно отражается на состоянии органической матрицы ОМУ.

Биотестирование полученных форм ОМУ свидетельствует о перспективности дальнейших исследований в выбранном направлении. Согласно полученным результатам, ОМУ на основе МС и глауконитсодержащих материалов оказывают положительное влияние на развитие тест-культур. Поскольку для производства ОМУ использовались только натуральные сырьевые компоненты, а технологический процесс проводился в мягких условиях, полученное ОМУ может быть позиционировано как удобрение для органического земледелия. Внедрение разработанной технологии в практику позволит снизить загрязнение окружающей среды отходами переработки молока и вывести на рынок новое натуральное удобрение, пригодное для органического земледелия.

### Литература

1. ГОСТ Р 53438-2009. Сыворо́тка молочная. Технические условия. М.: Стандарти́нформ, 2010. 7 с.
2. Сырчина Н. В., Потапова И. А., Малышева А. В. Органоминеральные удобрения на основе глауконитового концентрата и молочной сыворотки // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 140–143.
3. Богатырёва Н. Н., Сырчина Н. В., Терентьев Ю. Н. Использование глауконитового концентрата верхнекамского фосфоритного рудника для улучшения агрохимических свойств аммиачной селитры // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 206–210.
4. Сырчина Н. В., Мелентьева И. А. Перспективы применения глауконитовых песков Вятско-Камского месторождения для восстановления плодородия пахотных земель Кировской области // Интеллектуальный и научный потенциал современной науки: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2017. С. 137–140.
5. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы биотестирования. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. 92 с.