

7. Yashutin N.V., Drobyshev A.P., Iost N.D. Zemledelie na Altae: uchebno-metodicheskoe i prakticheskoe posobie. – 2-e izd., pererab. i dop. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – 736 s.

8. Spravochnik pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. – M., 2013. – 708 s.

9. Dospekhov B.A. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu zasorennosti posevov polevykh kultur na statsionarnykh opytakh. – M., 1972. – 29 s.

10. Smirnov B.M. Metodika i tekhnika uchetov sornyakov // Nauchn. trudy NIISKh Yugo-Vostoka. – Saratov, 1969. – Vyp. 26. – 196 s.



УДК 631.67.03

А.О. Матвиенко, Л.А. Митяева, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев
A.O. Matvienko, L.A. Mityaeva, Yu.Ye. Domashenko, S.M. Vasilyev

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

EXPERIMENTAL STUDIES OF QUALITY EVALUATION OF TREATED SEWAGE FOR CROP IRRIGATION

Ключевые слова: сточные воды, орошение, сельскохозяйственные культуры, методика биотестирования, проращивание семян редиса, чашки Петри.

Целью исследований являлась оценка качества подготовленных животноводческих (после коагуляционной подготовки) и хозяйственно-бытовых (после биологической очистки) сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур. В качестве объекта исследований изучались подготовленные сточные воды различного качества: животноводческие и хозяйственно-бытовые. Оценку пригодности рассматриваемых сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур проводили по методике биотестирования по проращиванию семян редиса сорта «Розово-красный круглый с белым кончиком». В качестве контрольного образца использовалась водопроводная вода. Каждая серия опытов включала в себя 5 повторностей с различным качеством сточных вод. Отмечено, что ростки контрольного образца характеризовались слабостью, тонкими отростками, средняя длина проросших корней составила 11 мм, всего проросло 48 семян. Результаты исследований при проращивании семян редиса с подготовленными животноводческими стоками показали, что количество проросших семян составило 49 шт., максимальная длина корней 30 мм, минимальная – 15 мм. По отношению к контролю длина корней достигла 181%. При использовании для исследования хозяйственно-бытовых сточных вод количество проросших семян составило 50 шт., максимальная длина корней 41 мм, минимальная – 39 мм. Увеличение длины корней составило 349% (в 3,5 раза) по отношению к контролю. Доказано, что сточная вода не оказывает нега-

тивного воздействия на прорастание семян редиса и способствует активному и лучшему их развитию. Исследуемая сточная вода различного качества пригодна для орошения сельскохозяйственных культур и обладает стимулирующими свойствами.

Keywords: sewage, irrigation, agricultural crops, bioassay techniques, garden radish seed sprouting, Petri dish.

The research goal was to evaluate the quality of treated livestock sewage (after coagulation treatment) and domestic sewage (after biological treatment) for crop irrigation. The research object was treated sewage of different quality: both livestock and domestic sewage. Sewage water suitability for crop irrigation was evaluated by bioassay technique with garden radish seed sprouting (the variety “Rozovo-krasnyy kruglyy s belym konchikom”). Municipal water was used as the control. Each series of experiments included 5 replications with sewage of different quality. It was found that the sprouts of the control were weak, with thin shoots; the average length of germinated roots was 11 mm; only 48 seeds germinated. When sprouting seeds with treated livestock sewage, 49 seeds germinated and the maximum root length was 30 mm, minimum – 15 mm. The root length made 181% of the control. With domestic sewage, 50 seeds germinated and the maximum root length was 41 mm, minimum – 39 mm. The root length made 349% (3.5 times) of the control. It was proved that sewage did not exert any negative impact on garden radish seed germination and promoted active and better development. The investigated sewage of different quality is suitable for crop irrigation and has stimulating properties.

Матвиенко Анна Олеговна, м.н.с., Российский НИИ проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Ростовская обл. Тел.: (8635) 26-65-00. E-mail: leo80592@mail.ru.

Митяева Лилия Андреевна, к.т.н., н.с., Российский НИИ проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Ростовская обл. E-mail: L1112M2014@yandex.ru.

Домашенко Юлия Евгеньевна, к.т.н., зам. директора по науке и внешним связям, Российский НИИ проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Ростовская обл. Тел.: (8635) 26-65-00. E-mail: Domachenko_u@list.ru.

Васильев Сергей Михайлович, д.т.н., доцент, врио директора, Российский НИИ проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Ростовская обл. Тел.: (8635) 26-65-00. E-mail: rosniipm@yandex.ru.

Matvienko Anna Olegovna, Junior Staff Scientist, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Rostov Region. Ph.: (8635) 26-65-00. E-mail: leo80592@mail.ru.

Mityaeva Liliya Andreyevna, Cand. Tech. Sci., Staff Scientist, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Rostov Region. E-mail: L1112M2014@yandex.ru.

Domashenko Yuliya Yevgenyevna, Cand. Tech. Sci., Deputy Director, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Rostov Region. Ph.: (8635) 26-65-00. E-mail: Domachenko_u@list.ru.

Vasilyev Sergey Mikhaylovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Acting Director, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Rostov Region. Ph.: (8635) 26-65-00. E-mail: rosniipm@yandex.ru.

Введение

Многочисленные исследования ряда авторов [1-6] показывают, что сточные воды, используемые на орошение, должны отвечать агро-мелиоративным требованиям, предъявляемым к поливной воде, в целях получения на полях орошения, высоких урожаев, полноценного качества продукции, а также повышения плодородия почвы и улучшения ее мелиоративного состояния. О пригодности сточных вод для орошения судят по химическому анализу воды с учетом климатических особенностей района и почвенно-мелиоративных данных объекта.

В сточных водах содержится значительное количество азота, кальция, органических веществ. Поэтому использование сточных вод для оросительных мелиораций весьма целесообразно. Например, в хозяйственно-бытовых сточных водах содержание азота находится в пределах 15-60, фосфора – 3-12, калия – 6-25 и извести – 25-100 г/м³. В животноводческих сточных водах более 50% азота содержится в легкорастворимой форме в виде карбоната аммония, который легко усваивают растения. Кроме основных питательных элементов для растений в жидком навозе значительное количество микроэлементов, мг/кг: бора – 20, меди – 16, цинка – 96, марганца – 200, кобальта – 1 в пересчете на сухое вещество. Таким образом, животноводческие сточные воды могут являться ценными органоминеральными удобрениями [7, 8].

В связи с вышесказанным оценка качества подготовленных сточных вод с целью орошения сельскохозяйственных культур весьма актуальна.

Цель исследований – оценка качества подготовленных животноводческих (после коагуляционной подготовки нефелином) и хозяйственно-бытовых (после процесса коагуляции с применением «Аква-Аурат^{TM30}») сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований изучались подготовленные сточные воды различного качества: животноводческие (после коагуляционной подготовки нефелином) и хозяйственно-бытовые (после процесса коагуляции с применением «Аква-Аурат^{TM30}»). Экспериментальные исследования проводились в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». Оценка пригодности рассматриваемых сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур проводили по методике биотестирования по проращиванию семян редиса сорта «Розово-красный круглый с белым кончиком» (*Raphanussativus* var. *Radicul*) [9]. Для контрольного образца использовалась водопроводная вода. Каждая серия опытов включала в себя 5 повторностей с различным качеством сточных вод.

В стерильные чашки Петри диаметром 10 см укладывали равномерно на фильтровальную бумагу 50 шт. семян редиса красного круглого с белым кончиком. В каждую чашку Петри наливали по 5 мл исследуемого образца сточной воды и водопроводную воду для контрольной пробы. Добавленный объем жидкости не обеспечивал полное покрытие семян, создавая при этом влаж-

ность среды. После этого чашки Петри накрывали крышками и помещали в термостат на 72 ч при температуре 20°C. На 4-е сутки после начала эксперимента чашки Петри с образцами открывали, подсчитывали количество проросших семян и измеряли длину корней, исключая из ряда данных 5 наименьших значений, включая и непроросшие семена. Чашки Петри для проведения эксперимента маркировали, с указанием вида сточной воды (рис. 1).

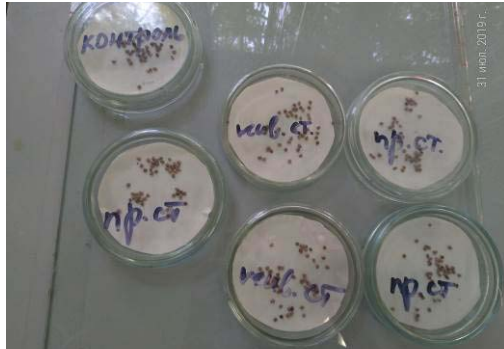


Рис. 1. Образцы сточной воды до начала эксперимента

С учетом положений СанПин 2.1.7.573-96 [9], если, по сравнению с контрольным, семена в исследуемой воде вообще не проросли, или длина корней в процентах от контроля ниже 70, то вода не пригодна для орошения. При длине корней в опыте свыше 120% от контроля показывает, что вода обладает стимулирующими свойствами. Указанная методика позволяет рекомендовать исследуемые сточные воды с учетом содержания токсичных, в т.ч. органических, веществ в воде для оросительных мелиораций.

Результаты исследований

На рисунке 2 представлен контрольный образец, который обрабатывался водопроводной водой и служил эталоном для сравнения, в виду от-

сутствия примесей загрязняющих веществ, способных выступать ингибиторами или катализаторами роста.



Рис. 2. Результаты исследования контрольного образца

В таблице 1 представлены результаты изменения длины проросших корней редиса контрольного образца. Ростки семян характеризовались слабостью, тонкими отростками, не имеющими достаточной мясистости, обеспечивающей высокую выживаемость.

**Таблица 1
Результаты измерения длины проросших корней редиса контрольного образца**

№ п/п	Количество проросших семян, шт.	Длина корней, мм
1	48	10
2		12
3		9
4		11
5		13
Ср. зн., мм		11
% к контрольному образцу		100

Данные, полученные при проращивании контрольного образца, использовались для сравнительной оценки образцов со сточной водой различного качества. Ростки контрольного образца отличались невысокой мясистостью, имели склонность к закручиванию. Средняя длина проросших корней составила 11 мм, всего проросло 48 семян. Максимальная длина корней 13 мм, минимальная – 9 мм.

Результаты проведенных исследований при проращивании семян редиса с подготовленными (после коагуляционной обработки нефелином) животноводческими стоками показали, что количество проросших семян составило 49 шт., максимальная длина корней – 30 мм, минимальная – 15 мм. По отношению к контролю длина корней 181%. При использовании для исследования подготовленных хозяйственно-бытовых сточных вод (после коагуляционной обработки «Аква-Аурат™30») количество проросших семян составило 50 шт., максимальная длина корней 41 мм, минимальная – 39 мм. Увеличение длины корней достигло 349% (в 3,5 раза) по отношению к контролю. Это можно объяснить положительным влиянием сточных вод на активность прорастания семян редиса и наличием питательных элементов (табл. 2, 3).

Таблица 2
Результаты измерения длины проросших корней редиса после полива подготовленными животноводческими сточными водами

№ п/п	Количество проросших семян, шт.	Длина корней, мм
1	49	15
2		16
3		30
4		18
5		21
Ср. зн., мм		20
% к контрольному образцу		181

Таблица 3
Результаты измерения длины проросших корней редиса после полива подготовленными хозяйственно-бытовыми сточными водами

№ п/п	Количество проросших семян, шт.	Длина корней, мм
1	50	40
2		35
3		37
4		41
5		39
Ср. зн., мм		38,4
% к контрольному образцу		349

Можно предположить, что значительное увеличение средней длины корней в хозяйственно-бытовых сточных водах обусловлено наиболее

оптимальным составом органических веществ и отсутствием загрязняющих веществ.

На рисунках 3 и 4 представлены фотоматериалы результатов биотестирования сточной воды различного качества.



Рис. 3. Результаты исследования подготовленной животноводческой сточной воды на активность прорастания семян редиса

Визуально отростки семян редиса в этапе биотестирования с хозяйственно-бытовыми сточными водами отличались мясистой и наибольшей толщиной из всех образцов. Во всех образцах наблюдались увеличение и интенсивный рост длины проросших корней.

На основании полученных результатов исследований на рисунке 5 представлена диаграмма с различным качеством сточных вод и их влиянием на показатели активности прорастания семян редиса (рис. 5).

Из диаграммы следует, что все образцы сточной воды имеют большую длину корней в сравнении с контрольным образцом. Наибольшие значения прорастания и роста растений оказывает хозяйственно-бытовая сточная вода.

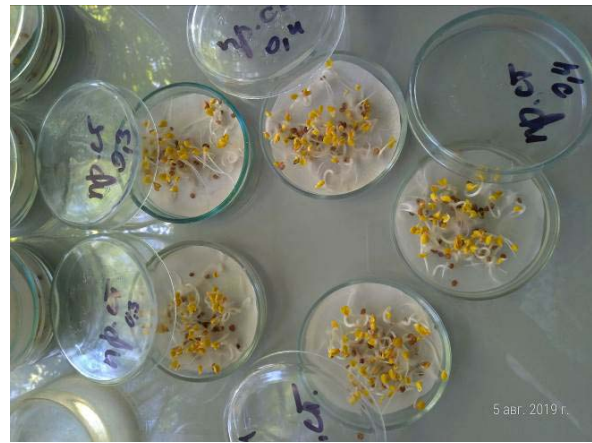
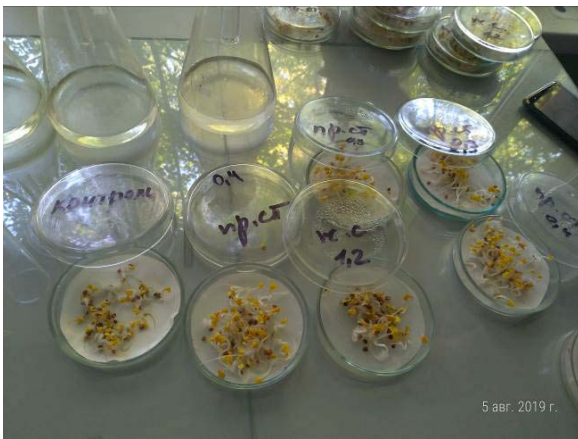


Рис. 4. Результаты исследования подготовленной хозяйственно-бытовой сточной воды на активность прорастания семян редиса

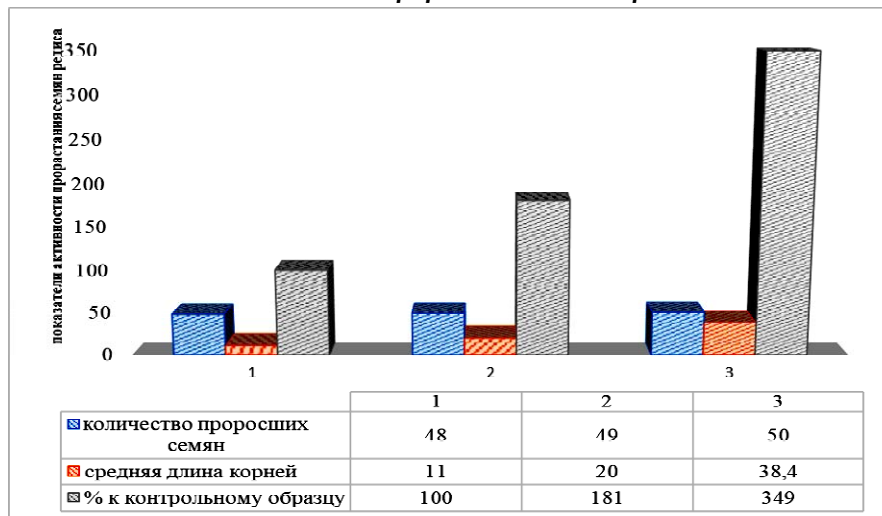


Рис. 5. Диаграмма результатов исследований качества сточной воды по основным показателям активности прорастания семян редиса: 1 – контрольный вариант; 2 – животноводческие сточные воды; 3 – хозяйственно-бытовые сточные воды

В целом можно отметить, что сточная вода не оказывает негативного воздействия на прорастание семян редиса и способствует активному и лучшему их развитию.

Заключение

Экспериментальные исследования подготовленных сточных вод, по методике биотестирования по проращиванию семян редиса, показали, что наибольший процент (349% по отношению к контролю) средней длины корней и максимальное количество проросших семян (50 шт.) отмечено в подготовленных хозяйственно-бытовых сточных водах после коагуляционной обработки «Аква-Аурат™30». Однако и подготовленные животноводческие сточные воды после коагуляционной обработки нефелином показали положительные

результаты: 189% составила средняя длина корней по отношению к контролю и 49 шт. семян проросло. Так как длина корней редиса в опытах составила свыше 120% от контроля, можно отметить, что вода пригодна для орошения, то есть не содержит токсичных веществ и даже обладает стимулирующими свойствами. Установлено, что качество воды существенно влияет на скорость прорастания семян и длину корней тест-объектов.

Библиографический список

1. Rekik, I., et al. (2017). Effects of untreated and treated wastewater at the morphological, physiological and biochemical levels on seed germination and development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), alfalfa (*Medicago sativa* L.) and fescue

(*Festuca arundinacea* Schreb.). *J. Hazard. Mater.* 326: 165-176.

2. Hassanli, Ali & Ebrahimzadeh, Mohammad & Beecham, Simon. (2009). The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. *Agricultural Water Management*. 96: 93-99. 10.1016/j.agwat.2008.07.004.

3. Гостищев, Д. П. Орошение сточными водами животноводческого комплекса в Ростовской области / Д. П. Гостищев. – Текст: непосредственный // Ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии мелиорации, рекультивации и охраны земель: материалы Международной научно-практической конференции. – Новочеркасск, 2004. – С. 43-47.

4. Domashenko, Yulia & Vasilyev, Sergey. (2018). Agroecological Substantiation for the Use of Treated Wastewater for Irrigation of Agricultural Land. *Journal of Ecological Engineering*. 19: 48-54. 10.12911/22998993/79567.

5. Голченко, М. Г. Орошение сточными водами / М. Г. Голченко, В. И. Желязко. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 104 с. – Текст: непосредственный.

6. Редина, А. В. Агромелиоративная оценка очищенных животноводческих сточных вод при орошении черноземов южных / А. В. Редина, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (68). – С. 8-11.

7. Гостищев, Д. П. и др. Использование сточных для орошения полей в Ростовской области / Д. П. Гостищев [и др.]. – Текст: непосредственный // Доклады ВАСХНИЛ. – 1980. – С. 31-33.

8. Ясониди, О. Е. Сельскохозяйственное использование сточных вод: учебное пособие / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск, 1981. – 103 с. – Текст: непосредственный.

9. СанПиН 2.1.7.573-96 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: дата введения 31.10.96. – Москва: Минздрав России, 1997. – 56 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Rekik, I., et al. (2017). Effects of untreated and treated wastewater at the morphological, physiological and biochemical levels on seed germination and development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), alfalfa (*Medicago sativa* L.) and fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *J. Hazard. Mater.* 326: 165-176.

2. Hassanli, Ali & Ebrahimzadeh, Mohammad & Beecham, Simon. (2009). The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. *Agricultural Water Management*. 96: 93-99. 10.1016/j.agwat.2008.07.004.

3. Gostishchev, D.P. Oroshenie stochnymi vodami zhivotnovodcheskogo kompleksa v Rostovskoy oblasti // Resursosberegayushchie, ekologicheski bezopasnye tekhnologii melioratsii, rekultivatsii i okhrany zemel: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii – Novoчеркасск, 2004. – С. 43-47.

4. Domashenko, Yulia & Vasilyev, Sergey. (2018). Agroecological Substantiation for the Use of Treated Wastewater for Irrigation of Agricultural Land. *Journal of Ecological Engineering*. 19: 48-54. 10.12911/22998993/79567.

5. Golchenko, M.G. Oroshenie stochnymi vodami / M.G. Golchenko, V.I. Zhelyazko. – M.: Agropromizdat, 1988. – 104 s.

6. Redina, A.V. Aгромелиоративная otsenka ochishchennykh zhivotnovodcheskikh stochnykh vod pri oroshenii chernozemov yuzhnykh / A.V. Redina, Yu.E. Domashenko, S.M. Vasilev // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 6 (68). – S. 8-11.

7. Gostishchev, D.P. i dr. Ispolzovanie stochnykh dlya orosheniya poley v Rostovskoy oblasti // Doklady VASKhNIL. – 1980. – S. 31-33.

8. Yasonidi, O.E. Selskokhozyaystvennoe ispolzovanie stochnykh vod: uchebnoe posobie. – Novoчеркасск, 1981. – 103 s.

9. SanPiN 2.1.7.573-96 Gigienicheskie trebovaniya k ispolzovaniyu stochnykh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya. – Vved. 31.10.96. – M.: Minzdrav Rossii, 1997. – 56 s.