УДК: 581.4.581.5:633.1.633.3:628.1/3:634.2

РОСТ ГИДРОФИТОВ И ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В СТОЧНОЙ ВОДЕ

© Н.В. Давидчук, Н.В. Еремеева, О.В. Семенова, Н.К. Тришина, Ю.В. Васильева

Ключевые слова: гидрофиты; семена; проращивание; сточная вода; *Lemna minor*; *Eichhornia crassipes*; *Poaceae*; *Fabaceae*.

Выявлено, что растения *Lemna minor* и *Eichhornia crassipes* при выращивании в сточной воде извлекли практически все тяжелые металлы, СПАВы и нефтепродукты. Семена культурных растений при обработке сточной водой проявили неоднозначную реакцию.

Как известно, гидрофиты способны поглощать из окружающей водной среды некоторые токсичные вещества и изменять ее физико-химические показатели [1–2]. В связи с этим изучение особенностей роста данных растений при выращивании в сточной воде вполне актуально.

Среди большого разнообразия растений представители семейств *Poaceae* и *Fabaceae* культивируются на больших посевных площадях, составляют основной пищевой фонд человека, применяются в кормопроизводстве, служат сырьем для промышленности и биотехнологических производств [3]. Проростки данных растений используются в диетическом питании населения в качестве зеленых кормов для мелких животных и птиц. Кроме того, многие виды этих растений могут также извлекать загрязнители культурных ландшафтов. При этом у растений происходит активизация адаптивных процессов, в результате чего они приобретают высокую устойчивость и способность переносить без повреждения действие высоких концентраций поллютантов [4–5]. У таких растений корневая система должна нормально развиваться, быть здоровой и способствовать активному усвоению, накоплению и перераспределению по органам веществ различного происхождения. Особое значение при этом имеет бездефектное формирование корешка на ранних этапах прорастания семян. Нормальное протекание раннего морфогенеза прорастающего семени во многом определяется применением росткорректирующих препаратов различной природы. Сточная вода содержит разные химические компоненты, которые могут влиять на набухание и прорастание семян. Использование сточной воды для обработки семян культурных растений дает возможность проследить за формированием проростков и прогнозировать их дальнейший рост. Этот гетерогенный комплекс включает также тяжелые металлы, СПАВы и нефтепродукты. В принципе, в орошаемом земледелии для экономии пресной воды можно использовать сточную воду. Однако чтобы не допустить распространения в сельском хозяйстве опасных микроорганизмов, в т. ч. диких вирусов и генов резистетности, необходимо более тщательно проводить очистку сточных вод на соответствующих сооружениях. Вместе с тем проведенное нами ранее исследование бактериологической обсемененности сточной воды показало, что в ней не содержатся патогенные, условно-патогенные для человека и животных микроорганизмы [6].

ЦЕЛЬ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью наших исследований явилось установление особенностей роста гидрофитов и прорастания семян культурных растений при использовании сточной воды.

В качестве объектов исследования взяты гидрофиты – *Lemna minor* и *Eichhornia crassipes* – и семена представителей семейств *Fabaceae* и *Poaceae*.

Сточную воду брали из третьей секции очистки филиала «Тамбовводоканал» ОАО «Тамбовские коммунальные системы». Данная вода имеет следующий состав: pH = 7,76; содержание азота аммонийного – 13,4 мг/дм³; нитрит-иона – 1,98 мг/дм³; нитрат-иона – 2,17 мг/дм³; фосфатов – 0,771 мг/дм³; железа – 0,271 мг/дм³; меди – 0,008 мг/дм³; никеля – 0,01 мг/дм³; СПАВ – 0,175 мг/дм³; цинка – 0,036 мг/дм³; нефтепродуктов – 0,5 мг/дм³; свинца – 0,003 мг/дм³; хрома – 0,01 мг/дм³.

Выращивание гидрофитов. Растения *Lemna minor* выращивали в сточной и водопроводной воде (контроль) в трех повторностях по 400 шт. в каждой. В течение 7 суток наблюдали за их ростом и развитием; через каждые 24 ч считали число листецов растений. Сточную воду, в которой выращивали ряску, отправили на анализ в лабораторию по контролю качества питьевой и сточной воды филиала «Тамбовводоканал».

Растения *Eichhornia crassipes,* выращенные в ботаническом саду в растворе экскрементов животных (первая группа) и в водоеме филиала «Тамбовводоканал» ОАО «Тамбовские коммунальные системы» в недействующем отстойнике (вторая группа), доращивали в сточной воде в течение 1 месяца. Исследовали показатели: длина корня, число корней и листьев.

Обработка семян. Семена замачивали: *Vicia faba* (сорт Уладовские фиолетовые) – 18 ч, *Pisum sativum* (сорт Битюг) – 6 ч, *Phaseolus vulgaris* (сорт Триумф) – 18 ч, *Zea mays* (сорт Воронежская 80) – 21 ч, *Triticum*

vulgare (сорт Мироновская 808) – 20 ч, *Hordeum vulgare* (сорт Дваран) – 21 ч в количестве 60 шт. в 4-кратной повторности в сточной воде с разведением в 2 и 4 раза, в сточной и водопроводной воде, в которой выращивалась *Lemna minor.*

Семена *Galega orientalis* и *Lens esculenta* в количестве 45 шт. в 3-кратной повторности замачивали в течение 24 ч в сточной воде и в сточной воде, в которой выращивалась *Eichhornia crassipes*.

Во всех вариантах контроль – водопроводная вода.

Проращивание семян. Набухшие семена проращивали в рулончиках фильтровальной бумаги в течение: *G. orientalis* и *L. esculenta* – 7 суток, *V. faba, P. sativum, Ph. vulgaris*, *Z. mays, H. vulgare* – 3 суток, *T. vulgare* – 2 суток.

Поскольку семена кукурузы проявили неоднозначную реакцию на разведение в 2 и 4 раза, поэтому для полевых исследований мы взяли семена, обработанные сточной водой без разведения и с разведением в 2 и 3 раза. Набухшие семена высеяли в почву, после появления всходов наблюдения за ростом растений проводили с интервалом 72 ч в течение 21 дня.

В ходе наблюдений исследовали показатели: всхожесть семян (%), прирост корешка и гипокотиля (*Fabaceae*), колеоптиля (*Poaceae*) (мм); в полевых условиях – высоту растений (см).

Количественные и визуальные показатели снимали с проростков и взрослых растений. Все полученные данные обработаны с помощью компьютерной программы Statistica и по Доспехову (1989).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выращивание в сточной воде *Lemna minor* и *Eichhornia crassipes*. При выращивании ряски в сточной воде на вторые сутки отмечалось увеличение количества листецов на 4 %. Однако на 4 и 7 сутки наблюдалось снижение числа листецов во всех вариантах. Проведенный анализ сточной воды после выращивания ряски показал, что ее компонентный состав изменился. Так, отмечено наличие взвешенных частиц, увеличение азотсодержащих компонентов.

Растения эйхорнии ботанического сада (первая группа) имели небольшие листья округлой формы и слабо развитую корневую систему. У растений из недействующего отстойника (вторая группа) большие вытянутые листья, корневая система хорошо развита.

Прорастание семян, обработанных сточной водой, после выращивания в ней *Eichhornia crassipes* и *Lemna minor.* Прорастание семян, в варианте очистка сточной воды эйхорнией, на 3-и сутки составило: козлятник – 13 %, чечевица – 64 %. При этом отмечаем рост корня проростков козлятника во всех вариантах, однако прирост корня меньше контрольных значений. Данные проростки погибли до развития гипокотиля. Прирост корня опытных проростков чечевицы плавно возрастает и превышает контроль, однако к 5 суткам наблюдений стимулирующий эффект сточной воды снижается.

Замачивание семян в сточной воде после выращивания в ней ряски привело к увеличению числа проросших семян бобов, гороха и кукурузы во всех опытных вариантах. Тогда как количество проросших семян фасоли, пшеницы и ячменя в опытных вариантах значительно меньше контрольного значения.

Длина корня проростков бобов в опытных вариантах не превысила контроль. Прирост корня проростков гороха во всех вариантах приблизительно одинаков. Данные по приросту корешка исследуемых семян в опыте замачивания семян в водопроводной воде, в которой выращивалась ряска, сравнимы со значениями другого опытного варианта и с контролем. Прирост гипокотиля проростков бобов в этом варианте превысил контрольное значение, а проростков гороха – приблизительно равен другим вариантам (рис. 1А).

Длина корня кукурузы и пшеницы во всех вариантах, в принципе, одинаковая и не превышает контроль. Значение длины корня ячменя в опытных вариантах превышает контрольное значение. Весьма близкие данные получены также и по росту колеоптиля исследуемых представителей *Poaceae.* Только в опытном варианте со сточной водой у семян ячменя колеоптиль развивался быстрее, чем в контрольном варианте (рис. 1Б).

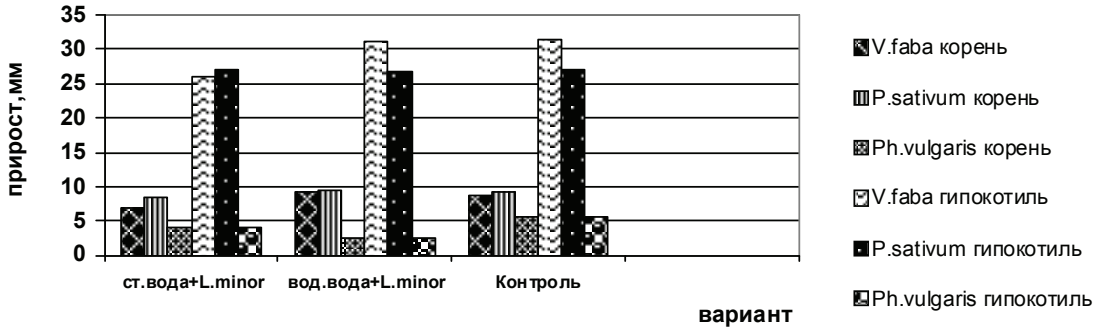
Прорастание семян, обработанных сточной водой. Исследуемые семена представителей семейства бобовых по-разному реагировали на замачивание в сточной воде разной степени разведения и без разведения. Так, всхожесть семян козлятника после замачивания в сточной воде без разведения составила 4 %, семян чечевицы – 67 %. У прорастающих семян козлятника корень развивался немного лучше, хотя также был короче контрольных значений. В целом отмечаем ингибирование прорастания семян и роста гипокотиля. У трехдневных проростков чечевицы наибольшее значение длины гипокотиля наблюдалось в варианте без разведения. Однако у пятидневных проростков длина гипокотиля во всех опытных вариантах ниже контрольных.

В вариантах с замачиванием семян в сточной воде с разведением в 2 и в 4 раза отмечаем, что прорастание семян бобов, гороха, фасоли выражается следующей закономерностью (рис. 2А). Прирост корня двухдневных проростков исследуемых представителей *Fabaceae* иллюстрирует рис. 2Б.

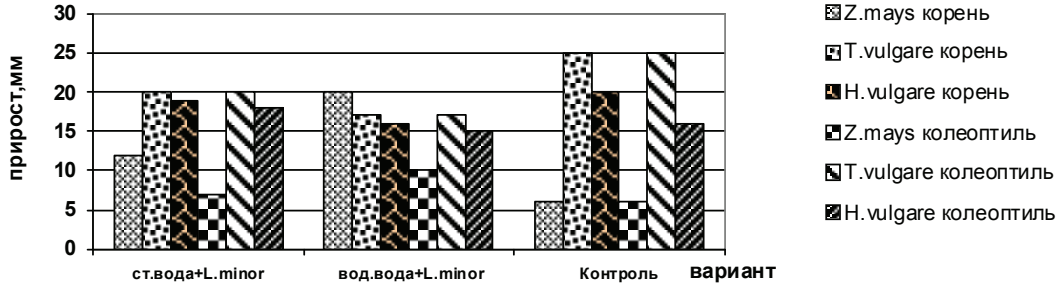
Исследуемые семена представителей злаковых (кукуруза, пшеница, ячмень) характеризовались разной всхожестью. Так, отмечена низкая всхожесть семян кукурузы. После применения сточной воды без разведения и с разведением в 2 раза количество проросших семян превышало вариант с разведением в 4 раза. Во всех опытных вариантах этот показатель был выше контрольного значения. Семена пшеницы имели относительно высокую всхожесть. После замачивания в сточной воде в варианте без разведения и с разведением в 2 раза число проросших семян было выше контроля. Разведение сточной воды в 4 раза привело к ингибированию прорастания, в этом варианте количество проросших семян было наименьшим. Для семян ячменя характерна 50% всхожесть, причем в опытных и контрольном вариантах этот показатель приблизительно одинаков.

Прирост корней проростков кукурузы и пшеницы наибольший в варианте с разведением в 2 раза. Однако во всех опытных вариантах этот показатель ниже контрольной величины. Прирост корня ячменя в опытных и контрольном вариантах приблизительно одинаков.

Высота колеоптилей кукурузы во всех опытных вариантах сравнительно одинаковая и превышает контрольное значение. Кроме того, в опытном варианте с разведением в 4 раза у семян кукурузы колеоптиль

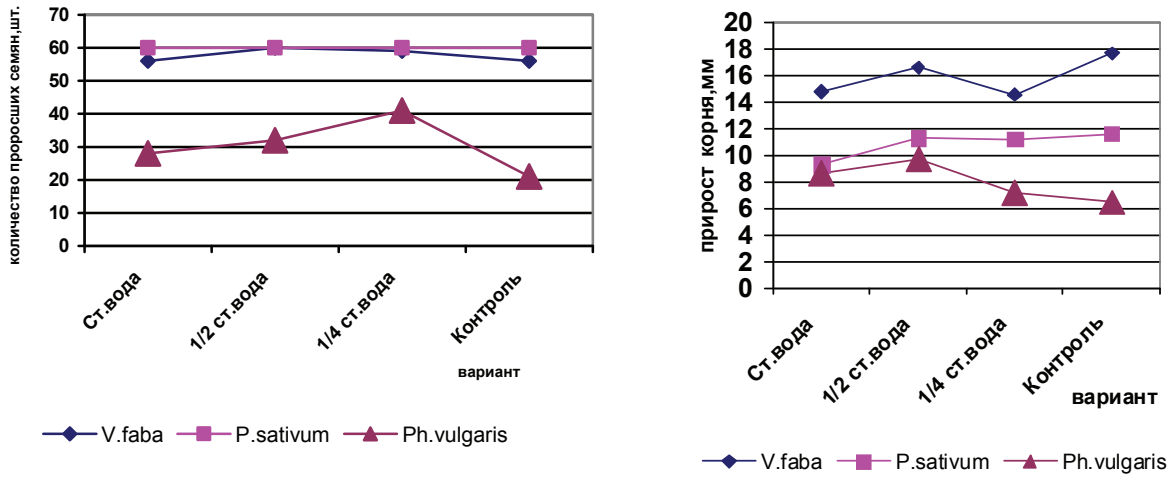


А)



Б)

Рис. 1. Влияние сточной и водопроводной воды, в которой выращивалась *L. minor*, на рост проростков: А) *Fabaceae*; Б) *Poaceae*



А) Б)

Рис. 2. Влияние различных концентраций сточной воды: А) на прорастание семян; Б) на рост корня двухдневных проростков *Fabaceae*

развивался очень медленно. Наблюдения за растениями кукурузы выявили, что прирост растений только в варианте разведение в 3 раза превысил контроль на 10%, в остальных вариантах этот показатель ниже контроля. В варианте со сточной водой без разведения прирост растений кукурузы наименьший. Высота колеоптиля пшеницы во всех опытных вариантах практически одинаковая, но ниже контрольного значения. Для роста колеоптиля ячменя отмечаем такую же закономерность, но в опытном варианте с разведением в 2 раза этот показатель выше контрольного значения.

Обсуждение результатов. Выращивание гидрофитов показало изменение компонентного состава сточной воды. Данные растения извлекли тяжелые металлы,

СПАВы, нефтепродукты. Использование сточной воды, после выращивания эйхорнии, привело к ингибированию прорастания семян, роста корня и развития гипокотиля козлятника восточного. У чечевицы отмечается временное стимулирование морфогенеза корня и гипокотиля с угасанием у пятидневных проростков. На начальных этапах морфогенеза чечевицы отмечается некоторое стимулирование роста корня и гипокотиля, которое у пятидневных проростков снижается. Отмечено также стимулирование прорастания семян бобов и гороха, ингибирование роста корня бобов, прорастания семян фасоли в вариантах со сточной водой, утилизированной ряской. Полученная ответная реакция семян этих представителей бобовых показывает, что при возможном практическом использовании таким путем утилизированной воды можно отметить и ингибирующий рост эффект.

Предпосевная обработка семян злаковых сточной и водопроводной водой, после выращивания ряски, привела к стимулированию роста корешка и колеоптиля кукурузы и к ингибированию этих процессов у пшеницы и ячменя.

Компонентный состав сточной воды благоприятен для выращивания полноценных растений ряски и эйхорнии, жизнедеятельность которых приводит к изменению этого состава и, как следствие, к ингибированию раннего морфогенеза наземных растений.

Сточная вода в разных модификациях выявила определенную особенность прорастания семян и морфогенеза проростков. Компонентный состав сточной воды оказал ростстимулирующее действие на прорастание семян, а также на рост и развитие проростков фасоли и чечевицы.

Снижение концентрации воды в 4 раза привело к активному прорастанию семян фасоли, а в 2 раза – к росту корня проростков, причем прирост корней в этом опыте сравним с вариантом без разведения. Отмеченное нами повышение роста корня проростков фасоли в сточной воде с высокой концентрацией компонентов, возможно, связано с тем, что, как показано ранее, корни проростков накапливают больше элементов, чем листья [7].

Полученный нами низкий процент прорастания семян козлятника восточного как в опытных вариантах, так и в контроле можно объяснить твердосемянностью. Известно, что семена козлятника характеризуются наличием труднопроницаемой для воды и воздуха оболочки. Проблему можно решить или скарификацией семян перед посевом, или применением для замачивания семян более концентрированных и более активных росткорректирующих препаратов.

Ингибирование начальных этапов роста гороха можно рассматривать как тест на токсическую активность сточной воды при замачивании семян.

Снижение начальных этапов прорастания семян бобов конских без видимых некрозов корней в полевых условиях может привести к возрастанию морфогенеза взрослых растений.

Семена представителей злаковых также по-разному реагировали на применение сточной воды. Отмеченное нами повышение роста растений кукурузы в полевых условиях в варианте с разведением в 3 раза, возможно, свидетельствует о том, что именно снижение концентрации компонентов в сточной воде во столько раз способствует более активному прорастанию семян и, как следствие, увеличивает линейные показатели растений. Исследования других авторов показывают, что взрослые растения могут эффективно расти только на слабозагрязненных несколькими тяжелыми металлами почвах [8].

Ответная реакция на действие компонентов сточной воды у других злаковых растений проявилась в ингибировании начальных этапов прорастания семян пшеницы и в стимулировании прорастания семян ячменя. Данное явление объясняется индивидуальными, видовыми и сортовыми особенностями семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Прасад М.Н.* Практическое применение растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами // Физиология растений. Обзор. 2003. Т. 50. № 5. С. 764-780.
2. *Давидчук Н.В., Медведев Д.А.* О возможности изменения некоторых физико-химических показателей воды водными растениями // Динамика изследвания: материали за 4-я международна научна практична конференция. 16–31 юли. Т. 22. Биологии. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД. 2008. С. 92-94.
3. *Клейменов Н.И., Кирилов М.П.* Пути решения проблемы белка в животноводстве // Сельскохозяйственная биология. 1981. Т. XVI. № 4. С. 483-491.
4. *Сыщиков Д.В., Гришко В.Н.* Функционирование глутатионзависимой антиоксидантной системы у гороха, сои и кукурузы при действии соединений кадмия // Физиология и биохимия культурных растений, 2004. Т. 36. № 6. С. 503-510.
5. *Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П.* Влияние свинца и кадмия на проростки ячменя // Физиология и биохимия культурных растений, 2001. Т. 33. № 1. С. 33-37.
6. *Давидчук Н.В., Бородина Н.Н., Демидова В.П.* Применение сточной воды для коррекции прорастания семян и морфогенеза проростков растений вида *Cerasus vulgaris* // Проблемы региональной экологии. 2007. № 3. С. 99-103.
7. *Буравцев В.Н., Крылова Н.П.* Современные технологические схемы фиторемедиации загрязненных почв // Экологические проблемы растениеводства. Сельскохозяйственная биология. 2005. № 5. С. 67-74.
8. *Wang Q., Liu X., Cui Y., e.a.* Response of legume and non-legume crop species to heavy metals with multiple metal contamination // J. Environ. Sci. Health. 2002.

Поступила в редакцию 12 ноября 2010 г.

Davidchuk N.V., Yeremeyeva N.V., Semenova O.V., Trishina Yu.V., Vasilyeva Yu.V. Growth of hydrophytes and germinating of seeds of cultivated plants in discharge water

It is discovered that plants *Lemna minor* and *Eichhornia crassipes* at growth in discharge water took out all heavy metals, petrochemicals. The seeds of cultivated plants at processing by discharge water gave complex reaction.

Key words: hydrophytes; seeds; growth; discharge water; *Lemna minor*; *Eichhornia crassipes*; *Poaceae*; *Fabaceae*.