

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ
ДЕКОРАТИВНОГО ЛЬНА К ЗАГРЯЗНЕНИЮ МЕДЬЮ**

© 2018 И. И. Ташлиева, Е. А. Гладков

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, г. Москва

Статья поступила в редакцию 30.10.2018

Проведена оценка фитотоксичности меди для декоративных видов льна – *Linum grandiflorum* Desf. (сорта Атласный Голубой, Голубой, Рубрум), *Linum perenne* L. (сорта Синий шелк, Диамант, Небесная лазурь). Угнетение декоративных видов льна наблюдалось в водных опытах уже при концентрациях меди 20-30 мг/л, корневая система не образовывалась у большинства сортов при содержании 50 мг/л. В почве у большинства исследуемых сортов существенное ингибирование наблюдалось при концентрации – 50 мг/кг. По результатам работы выделены сорта обладающих высокой (Рубрум, Диамант, Небесная лазурь) и средней чувствительностью (Голубой, Синий шелк) к концентрациям меди более 50 мг/кг. Данные сорта возможно использовать в местах не-высокой техногенной нагрузки (парках, скверах, на придомовых территориях).

Ключевые слова: медь, фитотоксичность, *Linum perenne*, *Linum grandiflorum*.

Представители семейства льновых известны ценными сельскохозяйственными качествами, используются как медоносы и кормовые культуры, являются источниками растительного масла, волокна. Однако в последнее время, набирает популярность использование льна в декоративном озеленении, благодаря неприхотливости и хорошей сочетаемостью с растениями-солистами. Например, однолетние сорта *Linum grandiflorum* Desf. и многолетние *Linum perenne* L. выращивают в мавританском газоне, миксбордере, альпинарии.

Среди основных загрязнителей почв городов – тяжелые металлы, которые могут негативно влиять на растения [1-2]. Высокой фитотоксичностью обладает медь. Фитотоксичность меди проявляется в способности данного металла подавлять рост и развитие растений. Устойчивость растений фактически проявляется в способности сохранять нормальные физиологические функции при высоком содержании меди в окружающей среде, то есть противостоять фитотоксическому действию металла. Учитывая, что торможение роста является общим проявлением токсичности тяжелых металлов для растений, поэтому среди основных критериев устойчивости рас-

тений рассматривают влияние меди на рост побегов и корней.

Целью нашей работы была оценка фитотоксичности меди для декоративного льна и определение наиболее устойчивых сортов для использования в городском озеленении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы семена льна однолетнего *Linum grandiflorum* Desf. сорт Атласный Голубой, Голубой, Рубрум и льна многолетнего *Linum perenne* L. сорт Синий шелк, Диамант, Небесная лазурь. Для определения влияния ионов меди в водном растворе семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной растворами $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 20, 30, 50 мг/л в пересчёте на металл. Культивировали при дневной температуре 23-25°C и ночной 18-20°C в контролируемых условиях в камере фитотрон, продолжительность фотопериода составляла 12 часов при интенсивности освещения 350 мкмоль/м²с. Измерения высоты проростков и длины корней проводились на 14 сутки. Данные по водным опытам представлены в пяти аналитических повторностях и их стандартные ошибки.

Для оценки фитотоксичности меди в почвенных условиях семена исследуемых растений проращивали в сосудах объемом 200 мл с добавлением раствора $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 20, 30, 50 мг/кг в пересчёте на чистый металл. На 14 сутки, после появления всходов, оценивали характер развития проростков, измеряли высоту побега. Растения проращивали в теплице с естественным освещением при температуре 20-25 °С. Данные по почвенным опытам представлены в четы-

Ташлиева Илина Игоревна, научный сотрудник лаборатории биологии культивируемых клеток. E-mail: ii_tash@mail.ru

Гладков Евгений Александрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник группы специализированного метаболизма корней ИФР РАН, доцент кафедры нано-, био-, информационных и когнитивных технологий Московского физико-технического института (государственный университет). E-mail: gladkovu@mail.ru

рех аналитических повторностях и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все исследованные сорта льна декоративно-го продемонстрировали высокую чувствительность к ионам меди. Однако степень устойчивости различалась в зависимости от сорта. При концентрации ионов меди в водном растворе 50 мг/л наиболее устойчивыми оказались Атласный голубой, Рубрум, Синий шелк. Атласный голубой при концентрации 50 мг/л имел высоту побегов – 60,8 % от контроля (рис. 1).

Среди растений льна многолетнего большая толерантность показана для сорта Синий шелк, в отличие от сортов Диамант и Небесная лазурь,

продемонстрировавших высокую чувствительность. При концентрации 50 мг/л высота побегов сорта Небесная лазурь составляла 17,9 %, Диамант 14,7 %. Среди сортов льна однолетнего наиболее устойчивыми были Атласный Голубой и Рубрум.

В водном растворе токсическое действие ионов меди вызывало замедление роста и изменение морфологии корня, видимо, обусловленное нарушением структуры и метаболизма клеток. Подобное токсическое действие меди на развитие главного корня описано в работах на проростках череды [3]. Длина корней не превышала 15% при концентрации 30 мг/л, максимальная длина главного корня составляла 14,9% от контроля (сорт Синий шелк). При увеличении содержания меди у ряда сортов корни

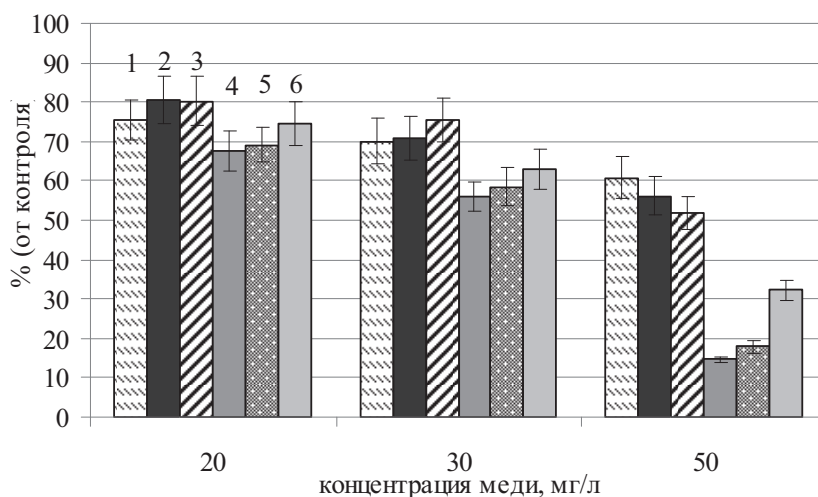


Рис. 1. Влияние меди на высоту побегов льна многолетнего и льна крупноцветкового в водном растворе через 14 суток:

1 – Атласный голубой; 2 – Голубой; 3 – Рубрум; 4 – Диамант; 5 – Небесная лазурь; 6 – Синий шелк

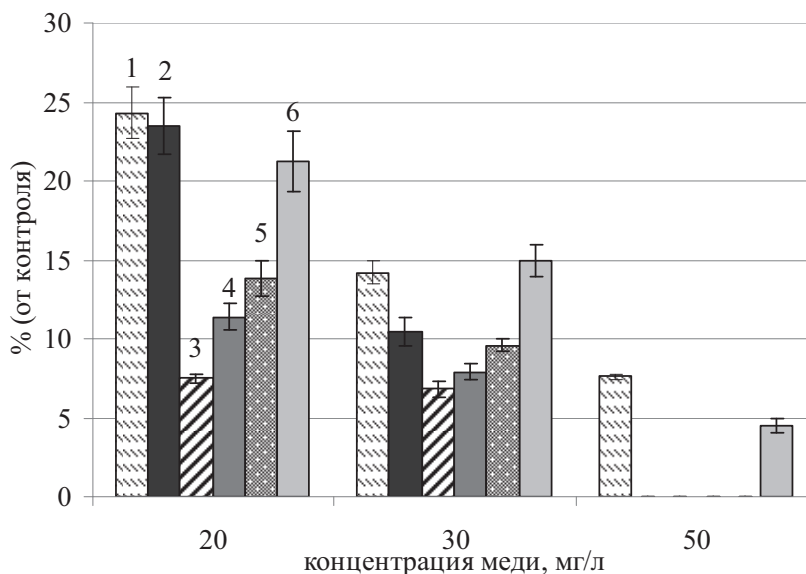


Рис. 2. Влияние меди на длину корней льна многолетнего и льна крупноцветкового в водном растворе через 14 дней:

1 – Атласный голубой; 2 – Голубой; 3 – Рубрум; 4 – Диамант; 5 – Небесная лазурь; 6 – Синий шелк

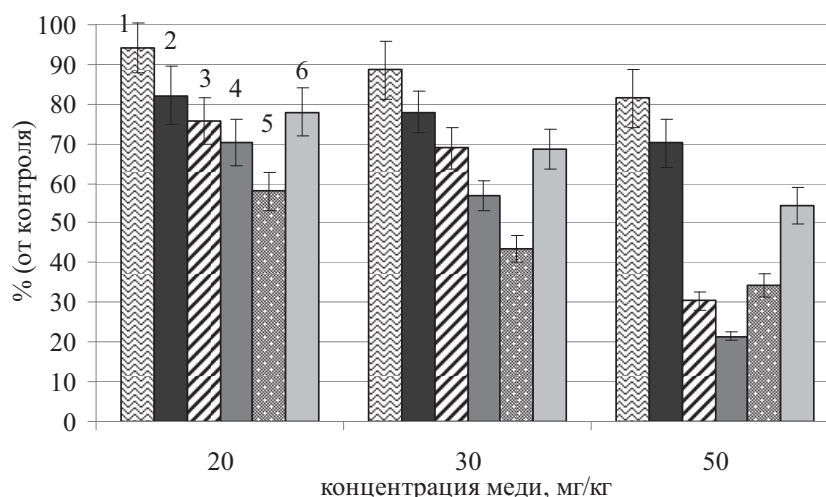


Рис. 3. Влияние меди на рост побегов льна крупноцветкового и льна многолетнего в почве через 14 суток:
1 – Атласный голубой; 2 – Голубой; 3 – Рубрум; 4 – Диамант; 5 – Небесная лазурь; 6 – Синий шелк

не образовывались. При концентрации 50 мг/л, у наиболее устойчивого сорта Атласный голубой, длина главного корня составляла 7,6% от контроля (рис. 2).

Устойчивость декоративных сортов льна к меди также различалась в почвенных условиях. У большинства исследуемых растений существенное ингибирование роста наблюдалось при концентрации – 50 мг/кг, наиболее чувствительным оказался сорт Диамант (рис.3). Среди многолетних сортов Синий Шелк показал большую толерантность к ионам меди, сопоставимую с сортами однолетников.

Таким образом, нами была оценена фитотоксичность меди для двух видов льна декоративного. Ингибирование роста побегов наблюдалось уже при содержании 30 мг/л меди для большинства исследуемых объектов. Замедление роста побегов и корневой системы, вероятно, связано с действием высоких концентраций меди на растяжение клеток, обусловленное нарушением водного режима и вызывающее снижение эластичности клеточных стенок [4-5]. Согласно полученным результатам, среди однолетних и многолетних видов льна можно выделить сорта обладающие высокой (Рубрум, Диамант, Небесная лазурь) и средней чувствительностью (Голубой, Синий шелк). Наиболее толерантные сорта возможно использовать в местах невысокой техногенной нагрузки (парках, скверах, на придомовых территориях). Для повышения степени устойчивости растений можно использовать клеточную селекцию [6].

Часть работы была выполнена в Московском государственном университете инженерной экологии, который на данный момент реорганизован.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Духовский П., Юкнис Р. и др.* Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессоров // Физиология растений – 2003. – Т. 50. № 2. – С. 165.
2. *Коровина Е. В.* Комплексная оценка загрязнения придорожных зон г. Ульяновска: дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск, 2010. 128 с.
3. *Крылова Е.Г. Васильева Н.В.* Прорастание семян и развитие проростков представителей рода *Bidens* (Asteraceae) в растворах сульфата меди // Вестник Томского Государственного Университета. – 2011. – № 352. – С. 208-210.
4. *Иванов В.Б., Быстрова Е.И., Серегин И.В.* Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. № 3. – С. 445-454.
5. *Луцицкая О.А.* Защитная функция корней в условиях избытка тяжелых металлов в почве // Агротехника. – 2012. – № 8. – С. 90-94.
6. *Литвинова И.И., Гладков Е.А., Гладкова О.В., Долгих Ю.И.* Повышение устойчивости *Brachycome iberidifolia* и *Festuca rubra* к загрязнению почв ионами меди // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – №5. – С. 160-162.

**DEFINITION OF THE DEGREE OF STABILITY
OF DECORATIVE FLOOR VARIETIES TO COPPER POLLUTION**

© 2018 I. I. Tashlieva, E. A. Gladkov

Timiryazev Institute of Plant Physiology Russian Academy of Sciences, Moscow

An estimation of the phytotoxicity of copper ions for *Linum grandiflorum* Desf. (cultivar Satin Blue, Blue, Rubrum), *Linum perenne* L. (cultivar Blue silk, Diamant, Celestial Azure). Compared with the control samples, the inhibition of flax was observed in aqueous experiments already at a concentration of 20 -30 mg/l. The root system was not formed in most varieties at a concentration of 50 mg/l. In soil, in most of the plants under study, significant inhibition was observed at a concentration of 50 mg/kg. Thus, we have identified varieties with high (Rubrum, Diamant, Celestial Azure) and medium sensitivity (Blue, Blue silk) to copper concentrations of more than 50 mg/kg. These varieties can be used in places of low man-caused load (parks, squares, on the adjacent territories).

Keywords: cooper, phytotoxicity, *Linum perenne*, *Linum grandiflorum*.

Irina Tashlieva, Research of Laboratory Biology of Cultured Cells. E-mail: ii_tash@mail.ru

Evgeny Gladkov, Candidate of Biological Sciences.

Senior Researcher of Group of Specialized Root Metabolism, Associate Professor of the Department of Nano-, Bio-, Info- and Cognitive Technologies, Moscow Institute of Physics and Technology.

E-mail: gladkovu@mail.ru