

**Кушнарева О.П., Перекрестова Е.Н.**  
Оренбургский государственный университет  
E-mail: olga8-11@yandex.ru

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СОЛЕЙ МЕДИ И СВИНЦА НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ**

**Статья посвящена проблеме влияния различных концентраций меди и свинца на образование хлорофилла и накопление углерода в листьях растений. Обоснована актуальность темы, выбор объектов для исследования и применяемых методик. Приводятся количественные результаты, полученные для ячменя и гороха. Содержится графический материал и ссылки на библиографические источники. Используются теоретические положения о механизмах влияния тяжелых металлов на растения для анализа полученных данных.**

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, фотосинтез, хлорофилл, содержание углерода.

В последние десятилетия в связи с быстрым развитием промышленности во всем мире наблюдается значительное возрастание содержания тяжелых металлов в окружающей среде. Наиболее токсичным среди них считается свинец. Во всех международных документах, посвященных проблемам биосферы и окружающей среды, этот металл неизменно называется одним из особо опасных загрязнителей. Несмотря на то, что свинец не является необходимым для жизнедеятельности растений элементом и нужен лишь в очень малых концентрациях для работы некоторых ферментов, а медь является микроэлементом, жизненно необходимым для нормального роста и развития растений, но даже незначительное превышение допустимых концентраций меди в почве оказывает на растения существенное токсическое воздействие, эти металлы активно поглощаются растениями. Опасность свинца усугубляется тем, что он сохраняет свои токсические свойства в течение продолжительного времени и обладают кумулятивным действием. В то же время слишком высокое содержание в почве доступной для растений меди отрицательно влияет на урожай, поскольку нарушается развитие корней и уменьшается поступление в растение железа и марганца. В связи с этим, изучение реакции растений на присутствие повышенных концентраций тяжелых металлов в окружающей среде вызывает большой научный и практический интерес.

Целью нашей работы является изучение влияния различных концентраций солей меди и свинца на содержание хлорофилла, а также на содержание углерода в листьях. В качестве объектов исследования были выбраны расте-

ния семейства Бобовые – горох сорта «Нут» (*Cicer arietinum*) и растения семейства Злаки – ячмень сорта «Оренбургский 16» (*Hordeum vulgare* L.).

Ячмень – универсальная культура, как по широте распространения, так и по его использованию, является четвертой зерновой культурой мира, уступая по посевным площадям пшенице, рису и кукурузе [2].

Зерно ячменя широко используется для приготовления круп, ячменного кофе, пива, применяется в хлебопекарной, кондитерской и фармацевтической промышленности. Благодаря своим биологическим особенностям, ячмень является хорошим компонентом в наборе культур полевого севооборота, как засухоустойчивая культура с коротким вегетационным периодом. Его широко используют как надежную страховую культуру при необходимости пересева озимых культур. Кроме того, отечественные специалисты получили данные о том, что ячмень более устойчив к действию высоких концентраций свинца и меди [1], [4], [6].

Горох – зернобобовая культура, произрастает в 30 странах мира. Входит в десятку наиболее культивируемых в России продуктов растениеводства. Является устойчивым к токсичному действию тяжелых металлов [2].

Для опытов отбирали сходные по виду и массе семена. Семена перед проращиванием простерилизовали, чтобы предохранить проростки от инфекций. С этой целью использовали 1%-ный раствор перманганата калия. После стерилизации семена отмывали водой и проращивали. Семена проращивали в чашках

Петри – это самый несложный, популярный и используемый метод. На ее дно укладывали соответствующего диаметра фильтровальную бумагу и равномерно распределяли семена – от 7 до 100 штук. Затем прикрывали семена влажным бинтом для создания большей влажности и ставили в термостат при 20 °С. Семена гороха и ячменя проросли на третьи сутки. В основной части эксперимента использовали листья гороха, выращенного в лабораторных условиях, в стаканах с землей объемом 0,2 л при естественном освещении до стадии десяти ярусов листьев. Для выращивания растений использовали готовый грунт, в составе которого есть верховой и низинный торф, песок, доломитовая мука и полное минеральное удобрение.

Для исследований были выбраны одни из наиболее вредных тяжелых металлов, которые относятся к токсичным загрязнителям различного класса опасности: 1-ый класс опасности – свинец и 2-ой – медь. Для исследования процесса интенсивности фотосинтеза проводили однократную обработку опытных образцов растворами солей меди и свинца различной концентрации. Контрольные образцы поливали водопроводной водой. Опыт включал в себя 7 вариантов, проводился в трехкратной повтор-

ности. Для моделирования загрязнения почвенной среды тяжелыми металлами использовали водные растворы сульфата меди ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и нитрата свинца ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), концентрация которых составляла от 1/5 до 2 ПДК подвижных форм в почве.

Определение содержания хлорофилла в листьях проводили колориметрическим методом [3], содержание углерода в листьях выполнялось мокрым сжиганием в хромовой смеси по Х.К. Аликову [7].

### Результаты исследования

1. Влияние различных концентраций сульфата меди и нитрата свинца на содержание хлорофилла в листьях растений

Определение концентрации хлорофилла в листьях гороха и ячменя проводили на второй и третий день, после однократной обработки растворами сульфата меди и нитрата свинца различной концентрации.

Для приготовления раствора хлорофилла использовали свежие листья гороха 3 – 4 ярусов с массой навески 0,5 г и листья ячменя с массой навески 0,25 г.

На рисунках 1 и 2 представлены полученные результаты.

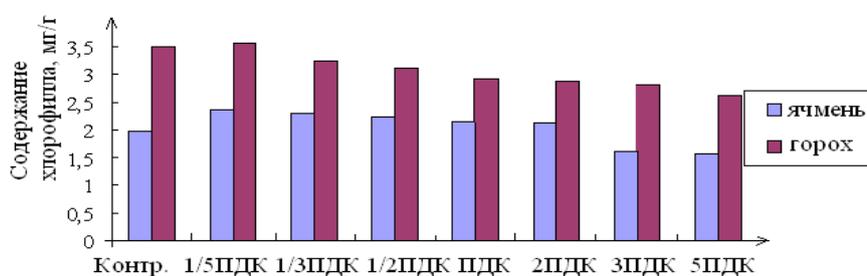


Рисунок 1. Влияние различных концентраций сульфата меди на содержание хлорофилла в растениях гороха и ячменя

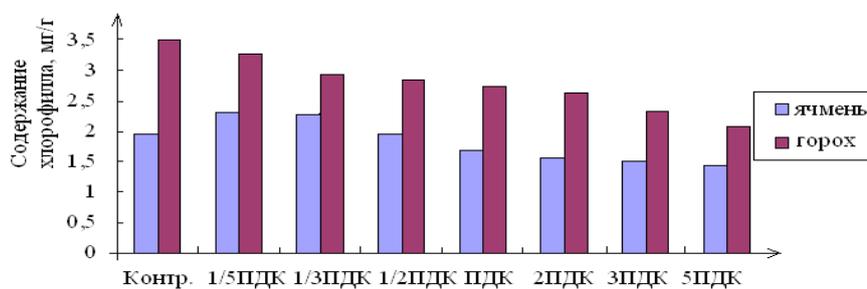


Рисунок 2. Влияние различных концентраций нитрата свинца на содержание хлорофилла в растениях гороха и ячменя

По полученным данным видим, что при значении 1/5 ПДК у гороха увеличивается содержание хлорофилла по сравнению с контролем, далее по мере увеличения концентрации сульфата меди содержание хлорофилла постепенно начинает снижаться. У растений ячменя при значении сульфата меди 1/5 ПДК, 1/3 ПДК, 1/2 ПДК, 1 ПДК, 2 ПДК наблюдается увеличение содержания хлорофилла по отношению к контролю, при 3 ПДК и 5 ПДК концентрация хлорофилла начинает уменьшаться.

Увеличение содержания хлорофилла в опытных образцах по сравнению с контрольным объясняет-

ся содержащимся в растениях белком пластоцианином, это – медьсодержащий белок, вовлечённый в транспорт электронов от фотосистемы II к фотосистеме I. Одна молекула пластоцианина содержит два атома меди, каждый из которых связан с сульфгидрильной группой остатка цистеина в белке.

По мере увеличения концентрации нитрата свинца, содержание хлорофилла в листьях гороха постепенно уменьшается по сравнению с контролем. В растениях ячменя содержание хлорофилла увеличивается при концентрациях нитрата свинца 1/5 и 1/3 ПДК. При значении 1/2 ПДК концентрация хлорофилла сходна с концентрацией хлорофилла в контрольном образце, затем по мере увеличения концентрации нитрата свинца, содержание хлорофилла падает.

2. Влияние различных концентраций солей меди и свинца на содержание углерода в листьях

Определение содержания углерода в листьях проводили по методу Х.К. Аликова на двенадцатые – тринадцатые сутки после обработки растений растворами солей меди и свинца различной концентрации.

Количество углерода органического вещества (в мг), рассчитывали на 1 дм<sup>2</sup> листовой пластины. По полученным данным были построены диаграммы, которые представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

На рисунке 3 отмечается увеличение содержания углерода по сравнению с контрольным образцом. В целом растения ячменя менее устойчивы к действию металла, у растений гороха наблюдаются более высокие значения содержания углерода. Наибольшее значение содержания углерода наблюдается у растений гороха при значении меди 5 ПДК (15 мг/кг). Наименьшее значение содержания углерода наблюдается у растений гороха в контрольном образце и у растений ячменя при концентрации меди 0,6 мг/кг (1/5 ПДК). Наибольшее содержание углерода у растений ячменя наблюдается при концентрации меди в почве 6 мг/кг (2 ПДК).

На рисунке 4 наблюдается увеличение содержания углерода по отношению к контролю при внесении ионов свинца в почву.

Наименьшее содержание органического углерода наблюдается у гороха при концентрации свинца в почве 6 мг/кг (ПДК), наибольшее значение углерода наблюдается также у растений гороха при концентрации металла в почве 2 мг/кг (1/3 ПДК). У растений ячменя наименьшее содержание углерода наблюдается в контрольном образце, а наибольшее при концентрации ионов свинца в почве 1,2 мг/кг (1/5 ПДК) и 30 мг/кг (5 ПДК).

У растений ячменя сорта «Оренбургский 16» при содержании ионов свинца в почве 2, 3, 6 мг/кг (1/3 ПДК, 1/2 ПДК, 1 ПДК) содержание углерода в листьях одинаково, при концентрации металла в почве 12, 18, 30 мг/кг (2 ПДК, 3 ПДК, 5 ПДК) содержание углерода увеличивается незначительно. У растений гороха сорта «Нут» наблюдаются резкие скачки содержания углерода.

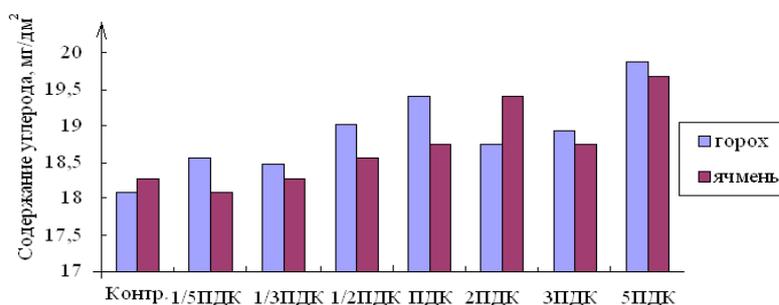


Рисунок 3. Влияние различных концентраций сульфата меди на содержание углерода в растениях гороха и ячменя

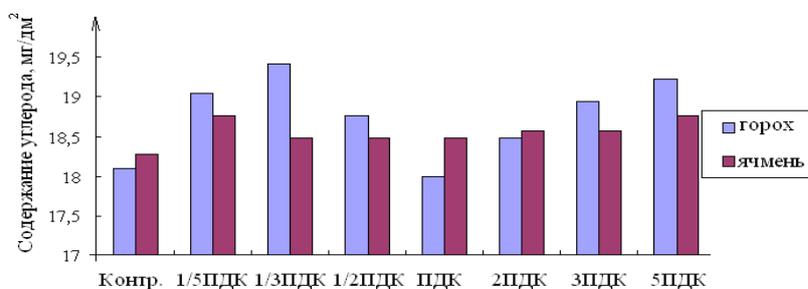


Рисунок 4. Влияние различных концентраций нитрата свинца на содержание углерода в растениях гороха и ячменя

Похожие результаты исследований были получены в исследовании Зиминной Ж.А. [4]. Повышение содержания углерода можно объяснить тем, что при высоком содержании меди и свинца в почвах они в основном накапливаются в корнях растений, поступление их в наземные органы растений ограничивается функционированием защитных физиолого-биохимических механизмов [8].

Таким образом, было установлено, что под влиянием малых концентраций меди и свинца происходит увеличение содержания хлорофилла в листьях ячменя сорта «Оренбургский 16», дозы тяжелых металлов больше предельно-допустимой концентрации отрицательно сказывались на содержании этого показателя, наблюдалось уменьшение содержания хлорофилла. В растениях гороха сорта «Нут» наблюдалось лишь уменьшение содержания хлорофилла. Различие полученных результатов можно объяснить принадлежностью анализируемых растений к разным видам. Увеличение содержания хлорофилла в опытных образцах по сравнению с контрольным объясняется со-

держащимся в растениях белком пластоцианином, это – медьсодержащий белок, вовлеченный в транспорт электронов от фотосистемы II к фотосистеме I. Увеличение содержания углерода объясняется тем, что при высоком содержании тяжелых металлов в почвах они в основном накапливаются в корнях растений, поступление их в наземные органы растений ограничивается функционированием защитных физиолого-биохимических механизмов. Данный вопрос пока еще остается малоизученным.

Согласно современным представлениям, существуют механизмы защиты растений от действия тяжелых металлов, в том числе свинца и меди. Установлено, что часть подвижных форм металлов под действием корневых выделений переходит в менее активное состояние. Некоторое количество адсорбируется на внешней поверхности корней. Поглощенные корнями свинец или медь или задерживается в свободном клеточном пространстве или используются в процессах метаболизма. Только часть катионов металла с ксилемным током транспортируется в надземные органы.

11.09.2015

#### Список литературы:

- Авраменко, П.М. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и их накопление в растениях / П.М. Авраменко, С.В. Лукин // *Агрохимический вестник*. – 1999. – №2. – С. 21-22.
- Бондаренко, С.Г. Способы обработки почвы под яровой ячмень при применении соломы в качестве удобрения на черноземе обыкновенном: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.Г. Бондаренко. – п. Рассвет, 2009. – 150 с.
- Гольд, В.М. Физиология растений. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: метод. указания по лаб. работам / В.М. Гольд, Н.А. Гаевский, Т.И. Голованова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 61 с. – ISBN 978-5-7638-1275-6.
- Зимина, Ж.А. Влияние микроэлементов и препарата гумат +7 на интенсивность фотосинтеза и накопление сухого вещества в растениях кукурузы / Ж.А. Зимина // *Успехи современного естествознания*. Сер. Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук. – 2006. – №4. – С. 48-49.
- Ильин, В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
- Корнилов, А.Л. Влияние накопления тяжелых металлов на содержание пигментов фотосинтеза растений из прибрежной зоны водоемов г. Тюмени / А.Л. Корнилов, Г.А. Петухова / *Вест. Тюменского гос. ун-та, Биология. Экология*. – 2012. – №12. – С. 189-194.
- Покровская, С.Ф. Регулирование поведения свинца и кадмия в системе почва – растение / С.Ф. Покровская. – М.: Наука, 1995. – 51 с.
- Рогожин, В.В. Физиолого-биохимические механизмы формирования гипобиотических состояний высших растений: автореф. дис. ... док. биол. наук. / В.В. Рогожин. – Якутск, 2000. – 469 с.
- Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с. – ISBN 5-10-001653-1.

#### Сведения об авторах:

**Кушнарeva Ольга Павловна**, старший преподаватель кафедры химии химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13, e-mail: olga8-11@yandex.ru

**Перекрестова Елена Николаевна**, преподаватель Оренбургского областного медицинского колледжа