



УДК 581.1, 577.1

СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ И АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОРОСТКАХ ВИКИ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИДА НИКЕЛЯ

Э.А. Абрамова
В.В. Иванищев

*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Россия, 300026, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 125.
E-mail: abramea@mail.ru*

Исследовали содержание фотосинтетических пигментов и аскорбиновой кислоты в проростках вики, выращенных в присутствии различных концентраций хлорида никеля в среде. Установлено, что при низких концентрациях соли содержание пигментов было более высоким, чем в контроле. При высоких концентрациях соли наблюдали резкое снижение исследованных показателей, возможно, из-за негативного действия ионов соли на активность и/или биосинтез ферментов метаболизма пигментов и аскорбиновой кислоты.

Ключевые слова: проростки вики, хлорофилл, каротиноиды, аскорбиновая кислота.

Введение

При изучении влияния загрязняющих веществ или других стрессоров большое внимание уделяется сельскохозяйственным растениям, поскольку роль последних важна не столько в геохимическом круговороте элементов, сколько в поступлении поллютантов в пищевые цепи, включающие человека [1]. Загрязняющие вещества, нарушая физиологические процессы в растениях, оказывают не только прямое отрицательное воздействие, но и сужают пределы толерантности организмов к естественным факторам среды.

Общим следствием любого стрессового воздействия на организм растения является образование свободных радикалов. Антиоксидантная система растений обеспечивает работу механизмов противостояния окислительному стрессу и включает в себя как низкомолекулярные антиоксиданты (пигменты, аскорбиновую кислоту, флавоноиды и др.), так и специфические ферменты. Многие современные исследования направлены на изучение низкомолекулярных антиоксидантов как биохимических индикаторов загрязнения окружающей среды, а также как биомаркеров физиологического состояния растений, произрастающих в стрессовых условиях [2].

Незначительное количество данных о влиянии ионов никеля на особенности противостояния окислительному стрессу двудольных растений позволили сформулировать цель исследования, связанную с изучением содержания пигментов и аскорбиновой кислоты в проростках вики на ранних этапах онтогенеза.

Объект и методы исследования

Объектом исследования служили первые листья 14 дневных проростков вики яровой сорта Орловская-84. Растение выращивали в виде водной культуры, используя дистиллированную воду в контрольном варианте и с добавлением ионов металла (NiCl_2) в опытных пробах.

Экстракцию хлорофилла проводили 96%-ным этиловым спиртом. Полученные вытяжки пигментов подвергали колориметрированию на КФК-3 при длинах волн 665, 654, 649 и 470 нм.

Расчеты проводили с использованием соответствующих формул [3]. Содержание аскорбиновой кислоты (АК) определяли по известному методу [4].

Результаты и их обсуждение

Исследование содержания зелёных пигментов показало, что при минимальной концентрации 10^{-6} М ионов хлорида никеля содержание хлорофилла (Хл) было выше, чем в контрольном варианте. Увеличение содержания ионов металла в питательном растворе приводило к снижению количества выделяемого пигмента (рис. 1).

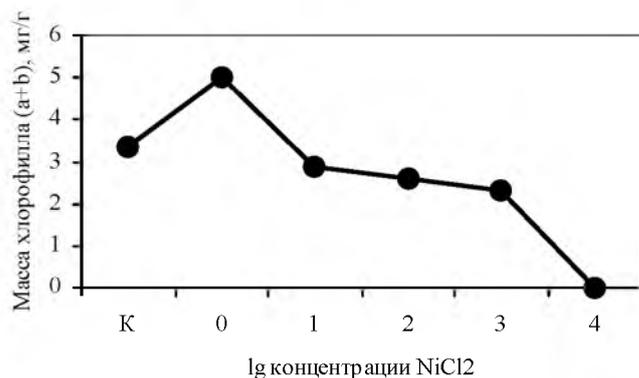
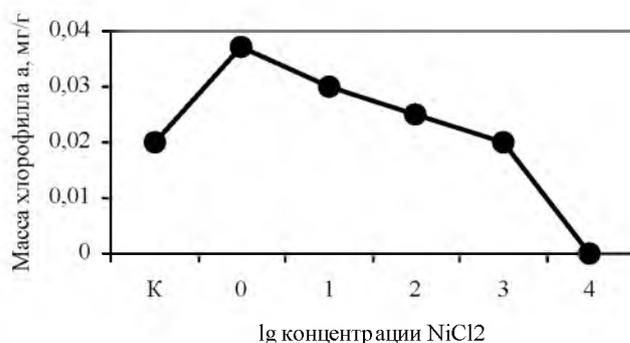
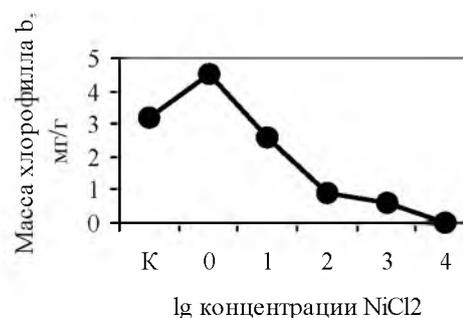


Рис. 1. Влияние хлорида никеля на содержание суммарного хлорофилла в проростках вики (К – контроль)

более высокий показатель, чем в контроле. Затем следовало резкое и весьма значительное снижение показателя (рис. 2b).



а



б

Рис. 2. Влияние хлорида никеля на содержание хлорофиллов а и б в проростках вики (К – контроль)

Такая картина свидетельствует о разной чувствительности синтеза компонентов пигментной системы вики к присутствию ионов никеля.

Наличие пигментов фотосинтетического процесса – хлорофиллов является важнейшей биохимической характеристикой возможностей фотосинтетического аппарата растений, поскольку хлорофилловые пигменты отвечают за поглощение энергии света и ее трансформацию в энергию химических связей. В литературе имеются многочисленные данные о влиянии катионов тяжелых металлов на накопление хлорофилла в высших растениях [5]. Однако сведений о влиянии ионов никеля очень мало.

Возрастание содержания зелёных пигментов при минимальной концентрации ионов металла свидетельствует о необходимости его присутствия для общего метаболизма, в частности – белков [6]. Резкое снижение содержания обеих форм пигмента с увеличением концентрации ионов никеля может быть связано с нарушением синтеза и/или активности необходимых ферментов [7], поскольку ионы никеля достаточно легко проникают в растения и накапливаются в цитоплазме [8].

Важным показателем сбалансированности фотосинтетического процесса является соотношение форм хлорофилла, поскольку Хл а связан с реакционными центрами фотосистем, а форма б – со светособирающим комплексом фотосистемы II [8]. Резкое снижение последней формы хлорофилла с увеличением содержания ионов никеля в среде свидетельствует о существенных изменениях в процессах поглощения света и, следовательно, эффективности процесса запасаения энергии и накопления биомассы.

Исследование содержания каротиноидов показало, что в сравнении с хлорофиллом максимальное стимулирующее влияние ионов хлорида никеля наблюдали при концентрациях NiCl₂ до 10⁻⁵ М (рис. 3), т. е. наибольшее увеличение наступало при более высоких концентрациях, чем для обоих зеленых пигментов, но стимулирующий эффект был явно ниже.

Для оценки состояния пигментной системы и ее работоспособности важно знать содержание разных форм хлорофилла. Поэтому рассчитывали содержание форм а и б в выделенных экстрактах. Результаты исследования показали следующее. Содержание хлорофилла а оставалось более высоким в сравнении с контролем не только при начальных концентрациях ионов никеля в растворе, но даже в присутствии высоких концентраций металла (10⁻³ М) (рис. 2а).

В то же время содержание хлорофилльной формы б оказалось более чувствительным к исследуемому фактору: только при минимальной концентрации ионов никеля наблюдали

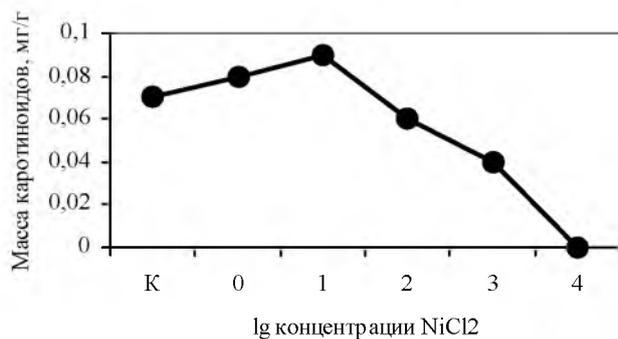


Рис. 3. Влияние хлорида никеля на содержание каротиноидов в проростках вики (К – контроль)

вина, восстановительными эквивалентами (АТФ и НАДФ•Н). В результате нарушаются процессы роста и развития растений.

Экспериментальные данные определения содержания аскорбиновой кислоты в проростках вики представлены на рис. 4.

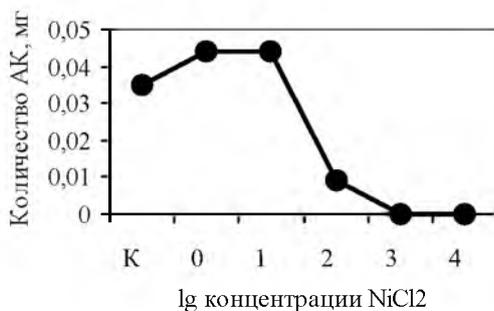


Рис. 4. Влияние хлорида никеля на содержания аскорбиновой кислоты в проростках вики

Дальнейшее увеличение концентрации соли приводило к резкому падению исследованного показателя. Такие результаты свидетельствуют, с одной стороны, о меньшей чувствительности ферментов синтеза каротиноидов к низким концентрациям соли, с другой – об активной роли каротиноидов в нейтрализации активных форм кислорода, уровень которых возрастает в стрессовых для растения условиях [8].

Снижение содержания каротиноидов также приводит к нарушению работы светособирающего комплекса пигментных систем, обеспечивающих анаболические процессы, в т. ч. цикл Каль-

Анализируя приведенные результаты можно сделать вывод о том, что при концентрациях NiCl₂ 10⁻⁶ – 10⁻⁵ М происходило увеличение содержания витамина С в проростках вики по сравнению с контролем, что может служить ответной реакцией организма, обеспечивающей нейтрализацию образующихся активных форм кислорода вследствие повышения содержания ионов металла в цитоплазме [8]. При повышении концентрации исследованный показатель резко снижался, а при наиболее высоких концентрациях – аскорбиновая кислота в проростках не обнаружена. Это может быть связано с ингибирующим эффектом ионов металла на активность ферментов метаболизма аскорбиновой кислоты и полным исчерпанием её пула в нейтрализации активных форм кислорода [7].

Заключение

Таким образом, исследование показало, что присутствие ионов никеля в среде в минимальных количествах необходимо для активации процессов роста и развития растений вики. В то же время высокие концентрации металла резко нарушают физиологические процессы в растениях, по-видимому, за счёт прямого действия на активность и/или синтез ферментов метаболизма пигментов и аскорбиновой кислоты.

Список литературы

1. Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Новиков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, 2005. – 640 с.
2. Харборн Дж. Введение в экологическую биохимию: пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 312 с.
3. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. – М.: Академия, 2003. – 256 с.
4. Грязнов В.П. Руководство к лабораторным и экспериментальным работам по физиологии растений. – Белгород: БелГУ, 2006. – 120 с.
5. Серегин И.В., Кожевникова А.Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения // Физиология растений. 2006. – Т. 53. – № 2. – С. 285-308
6. Иванов В.Б., Быстров 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.
7. Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. – Т. 48. – № 4 – С. 606-630.
8. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.

THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND ASCORBIC ACID IN VETCH SEEDLINGS IN THE PRESENCE OF NICKEL CHLORIDE

E.A. Abramova
V.V. Ivanishchev

*L.N. Tolstoy Tula State Pedagogical
University, Lenin Av., 125, Tula,
300026, Russia*

E-mail: abramea@mail.ru

Study of the content of photosynthetic pigments and ascorbic acid in vetch seedlings growing in the presence of several nickel chloride concentrations in solution has been carried out. It was established that at low concentration of salt pigment content was higher than in control. At high salt concentrations we have observed a considerable decrease of studied parameters, possibly because of a negative salt ions influence on the activity and/or biosynthesis of enzymes for pigment and ascorbic acid metabolism.

Key words: vetch seedlings, chlorophyll, carotinoids, ascorbic acid.