

УДК 581.1

М.М. Марасей¹, Г.Н. Ралдугина², В.П. Холодова²

¹Российский университет дружбы народов (г. Москва)

²Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (г. Москва)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ДВУХ СОРТОВ ЯРОВОГО РАПСА (*Brassica napus* L.) К ДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЦИНКА

Материалы опубликованы в рамках проекта ФЦП «Организационно-техническое обеспечение проведения международной научной школы «Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии»» (ГК № 14.741.12.0153 от 07 июня 2011 г.).

Оценена способность растений двух сортов рапса (Вестар и Подмосковный) накапливать ионы цинка и аккумулировать надземную биомассу на фоне действия различных концентраций (100, 250 и 500 мкМ) солей цинка. Установлено, что растения исследованных сортов рапса обладают выраженной способностью к аккумуляции цинка в надземных органах без значительного снижения накопления биомассы и изменения уровня свободного пролина в растениях. Обнаружены высокая устойчивость растений рапса данных сортов к избыточному содержанию ионов цинка в среде и проявление их фиторемедиационного потенциала.

Ключевые слова: *Brassica napus*; цинк; пролин; фиторемедиация.

Введение

Растения, перспективные для использования в целях фиторемедиации, должны обладать высокой устойчивостью к тяжелым металлам, способностью к их гипераккумуляции и развитию большой надземной биомассы в стрессорных условиях [1, 2]. В этой связи большой интерес представляют растения рода *Brassica*.

Цель работы заключалась в том, чтобы оценить способность растений двух сортов рапса (Вестар и Подмосковный) накапливать ионы цинка и аккумулировать надземную биомассу на фоне действия различных концентраций соли цинка.

Материалы и методики исследования

Семена растений по 50–70 шт. высевали на поверхность влажного перлита в пластмассовые кюветы (40×30×8 см) с отверстиями на дне, после чего растения выращивали в водной культуре в камере фитотрона в контролируемых условиях. Содержание свободного пролина в растениях определяли с помощью кислого нингидринового реактива [3]. Определение содержания

цинка в тканях растений проводили по методу Голубкиной [4]. При определении оводненности, содержания пролина и металлов использовали среднюю выборку всех листьев варианта, не считая семядольных. Все опыты проводили в трехкратной биологической повторности. Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Excel. Результаты представлены в виде средних арифметических и ошибки репрезентативности среднего квадратического отклонения.

Результаты исследования и обсуждение

Содержание ионов цинка в листьях рапса в контрольных растениях составляло 60,7 мкг цинка/г сухой массы листьев сорта Вестар и 53,85 мкг цинка/г сорта Подмосковный (табл. 1). При внесении в среду солей цинка в концентрации 100 мкМ через 7 дней экспозиции количество металла в листьях превышало контроль в 1,9 и 4 раза, а через 15 дней – в 2,1 и 2,8 раза соответственно. Присутствие в среде 250 мкМ $ZnSO_4$ приводило к превышению контрольных показателей содержания Zn в 2,6 и 6,3 раза через 7 дней и в 2,5 и 5,5 раза через 15 дней. После 7 дней действия 500 мкМ $ZnSO_4$ содержание ионов цинка в растениях превышало контроль в 3,5 и 11,5 раза, а после 15 дней – более чем в 5 раз у обоих сортов.

Таблица 1

Содержание ионов цинка в листьях рапса, мкг/г сухой массы

Вариант	Вестар (7 дней)	Подмосковный (7 дней)	Вестар (15 дней)	Подмосковный (15 дней)
Контроль	33,2	18,16	60,7	53,85
100 мкМ $ZnSO_4$	58,2	83,97	131,5	151,59
250 мкМ $ZnSO_4$	86,7	111,1	158,5	291,78
500 мкМ $ZnSO_4$	187,9	209,53	350,35	319,6

Значительная аккумуляция ионов цинка в листьях рапса практически не влияла на уровень свободного пролина в тканях. Как видно из данных табл. 2, 7–15-дневное воздействие растворов $ZnSO_4$ на растения в концентрациях 100, 250 и 500 мкМ обнаруживало лишь слабое увеличение содержания свободного пролина в листьях (табл. 2).

Таблица 2

Влияние сульфата цинка на аккумуляцию пролина в растениях рапса, мкмоль/г сухой массы

Вариант	Вестар (7 дней)	Подмосковный (7 дней)	Вестар (15 дней)	Подмосковный (15 дней)
Контроль	8,2±0,8	7,3±0,6	12,1±1,2	11,2±1,2
100 мкМ $ZnSO_4$	12,2±1,2	11,8±1,2	13,4±1,3	12,3±1,3
250 мкМ $ZnSO_4$	14,3±1,4	13,4±1,4	16,5±1,4	14,5±1,5
500 мкМ $ZnSO_4$	12,1±1,2	11,5±1,1	14,3±1,5	13,6±1,2

При этом оба сравниваемых сорта рапса практически не отличались способностью аккумулировать пролин в ответ на действие избыточных концентраций солей цинка в среде.

Несмотря на то что растения рапса накапливали достаточно много ионов цинка при его избыточном содержании в среде, ингибирующий эффект солей цинка на накопление биомассы был выражен незначительно. При максимальной концентрации сульфата цинка (500 мкМ) в среде торможение аккумуляции биомассы растений не превышало 20%, что говорит о довольно высокой устойчивости исследуемых сортов растений рапса.

Заключение

Таким образом, растения рапса сортов Вестар и Подмосковный обладают выраженной способностью к аккумуляции ионов цинка в надземных органах без значительного снижения аккумуляции биомассы. Эти данные свидетельствуют о довольно высокой устойчивости растений рапса данных сортов к избыточному содержанию солей цинка в среде и об их достаточно высоком фиторемедиационном потенциале.

Литература

1. Kholodova V., Volkov K., Kuznetsov V.I. Plants under Heavy Metal Stress in Saline Environments // Soil Heavy Metals. Ser. Soil Biology. 19, Heidelberg, Dordrecht. London ; New York : Springer-Verlag, 2010. P. 163–183.
2. Иванова Е.М., Холодова В.П., Кузнецов Вл.В. Биологические эффекты высоких концентраций солей меди и цинка и характер их взаимодействия в растениях рапса // Физиология растений. 2010. № 6. С. 864–873.
3. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies // Plant and Soil. 1973. Vol. 39. P. 205–207.
4. Голубкина Н.А. Флуорометрический метод определения селена // Журнал аналитической химии. 1995. Т. 50. С. 492–497.

Поступила в редакцию 15.06.2011 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2011. № 4 (16). P. 96–99

Mohammed M. Maree¹, Galina N. Raldugina², Valentina P. Kholodova²

¹*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia*

²*Timiryazev Institute of Plant Physiology of Russian Academy of Science, Moscow, Russia*

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STABILITY OF TWO TYPES OF SPRING RAPE (*Brassica napus*) TO THE ACTION OF THE IONS ZINC

This study was to assess the ability of plants of two varieties of canola (Westar and Moscow Region), the zinc ions accumulate aboveground biomass on the background of

various concentrations of zinc salts (ZnSO_4). Seeds were sown on the surface of moist perlite in a plastic cuvette ($40 \times 30 \times 8$ cm) with holes at the bottom of 50–70 pieces, after which the plants were grown in water culture in a phytotron chamber under controlled conditions. The content of free proline levels of zinc in leaves of plants and biomass plants.

The zinc content in the leaves of canola in the control plants was 60,7 and 53,85 mcg of zinc/g dry leaf varieties Westar and Moscow region. In making the medium zinc concentrations of 100 μM after 7 days exposure of the metal in the leaves exceeded the control by 1,9 and 4 times, and after 15 days – 2,1 and 2,8 times, respectively.

The presence of the 250 μM ZnSO_4 resulted in exceeding targets Zn content of 2,6 and 6,3 times after 7 days and 2,5 and 5,5 times in 15 days. After 7 days of 500 μM ZnSO_4 , zinc in the plants exceeded the control by 3,5 and 11,5 times, and after 15 days – more than 5 times in both varieties. A significant accumulation of zinc ions in the leaves of rape is almost no effect on the level of free proline in tissues. In this case both of the compared varieties of rape is not much different ability to accumulate proline in response to excess concentrations of zinc in the environment. Despite the fact that rape plants accumulated a lot of zinc in excess of its content in the medium, the inhibiting effect of zinc on the accumulation of biomass was rather weakly expressed.

Thus, plants of both varieties of rape have compared pronounced ability to accumulate zinc in the aboveground organs without significantly reducing the accumulation of biomass. These data indicate a fairly high stability canola varieties Westar plants near Moscow and to excess zinc content in the medium and their relatively high phytoremediation potential.

Key words: Brassica; zinc; prolin; phytoremediation.

Received June 15, 2011