

Проведенные нами исследования по изучению влияния биогумуса на поглощение тяжелых металлов (на примере Cd, Zn) таким гипераккумулятором тяжелых металлов, как *Helianthus annuus* L. (подсолнечник масличный) показали, что внесение биогумуса способствует снижению количества поллютантов накапливающихся как в надземной, так и в подземной части исследованных растений. Очевидно, что биогумус образует труднорастворимых комплексных соединений с ТМ, способствуя связыванию и переводу ТМ в малоподвижные формы. При этом биогумус способствует накоплению ТМ в подземной части растения. Полученные данные могут быть использованы при разработке технологий фитостабилизации, рекультивации и восстановления земель загрязненных поллютантами антропогенного происхождения, в частности тяжелых металлов (Cd, Zn).

1. Добровольский В.В. География микроэлементов: Глобальное рассеяние. - М.: Мысль, 1983. - 272с.
2. Фурсов В.И. Экологические проблемы окружающей среды // Алма-Ата.-1991.-С.23-64.
3. Wu L., Antonovics J. Zinc and copper tolerance of *Polycarpha spirostylis* in tissue culture // Amer.J.Bot.-1989.-Vol.65, N7.- P.268-271.
4. Алексеев Ю.Т. ТМ в почвах и растениях. Л.- Агропромиздат.- 1987.- С.142.
5. Духовский П., Юкнис Р., Бразайтите А., Жукаускайте И. Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессоров // Физиология растений – 2003. – Т. 50, №2. - С. 165-173.
6. Титов И.Н., Шишова Т.И. Гуминовые препараты из вермикомпоста и их применение при выращивании различных сельскохозяйственных культур//Мат. I-й Междуна. конф. «Дождевые черви и плодородие почв», Владимир, 16-19 марта 2002 г. Владимир, 2002, с. 187-189.
7. Титов И.Н. Вермикомпост – основа приготовления почвогрунтов для тепличных хозяйств и залог высококачественных урожаев//В сб.: Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения. Тр. Междуна. науч.-практич. конф. Минск, 4-8 июня 2007 г. Минск: УП Камет, 2007, с. 151-152.

Ауыр металдармен (Cd, Zn) ластанған топыраққа биогумусінің енгізуі *Helianthus annuus* L. өсімдіктердің поллютанттардың жинақтауын төмендейтіні көрсетілді.

It was comparing a biogumus and non biogumus plant, growing on heavy metal (Cd, Zn) polluted soil. Biogumus increased plants tolerance to heavy metal.

УДК 581.55:582.24-155.724

К.К. Богуснаев, Б.К. Касымбеков, Д.Г. Фалеев, С.Б. Оразова, С.С. Ишангалиева, И.А. Перова
ВЛИЯНИЕ ЭНДОМИКОРИЗЫ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
РАСТЕНИЙ *Avena sativa* L. И *Phaseolus vulgaris* L.
ПРИ ПОЧВЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби)

*В настоящей работе изучено влияние микоризных грибов на некоторые биохимические показатели растений *Avena sativa* L. и *Phaseolus vulgaris* L. Микотрофные растения при внесении в почву Pb, Cu, Zn отличались более высокими показателями площади листьев, содержанием хлорофилла и каротиноидов по сравнению с немикоризными, содержание пероксида у микотрофных растений, напротив, было ниже, что свидетельствует о протекторной роли эндомикориз.*

Исследование степени и механизмов воздействия грибов микоризообразователей на растение-хозяина имеет большое теоретическое и прикладное значение. Исследователи связывают более высокую устойчивость микоризных растений (по сравнению с немикоризными) к стрессовым факторам с улучшением их питания, обусловленного трофическим взаимодействием с грибами-микоризообразователями. Эндомикориза повышает устойчивость растения-хозяина к различным неблагоприятным факторам окружающей среды: недостатку влаги и питательных веществ, засолению, загрязнению почв ТМ и т.д. [1-3].

Результаты исследований протекторной роли эндомикориз в жизнедеятельности растений в условиях загрязнения почвенного покрова различными поллютантами антропогенного происхождения могут стать основой при разработке биотехнологий направленных на повышение устойчивости растений к высокому содержанию тяжелых металлов и разработки технологий фиторемедиации загрязненных почв [1-3].

Целью наших исследований явилось изучение влияния эндомикоризных грибов на рост и развитие растений овса посевного (*Avena sativa* L.) и фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), выращенных в почвах с различными концентрациями тяжелых металлов (цинк, медь, свинец).

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать влияния эндомикоризных грибов на развитие надземной части растений: прирост и площадь листьев (на примере *Phaseolus vulgaris* L.),
- изучить влияние грибов-микоризообразователей на содержание каротиноидов в листьях фасоли обыкновенной *Phaseolus vulgaris* L. в условиях загрязнения почвы Pb,
- определить влияние цинка и меди на содержание хлорофилла *a* и *b* в микоризных и не микоризных растениях *Avena sativa* L. в условиях вегетационного опыта (лабораторные условия).

Материалы и методы

Объектами исследования являлись овес посевной (*Avena sativa* L., сем. *Poaceae*) и фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L. (сем. *Fabaceae*)), эндомикоризные грибы р. *Glomus*.

Критериями устойчивости являлись изменения таких биохимических показателей как содержания пероксидаз, хлорофилла и каротиноидов в растениях при загрязнении почвы Pb, Zn, Cu. При проведении эксперимента был использован дигидрат ацетата цинка и дигидрат ацетата меди – $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$; $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ (опыт с *Avena sativa*), тригидрат ацетата свинца – $(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$ (опыт с *Phaseolus vulgaris*). Свинец вносили в горшки из расчета - 300 мг/кг сухой почвы, цинк и медь 250 мг/кг.

Семена растений проращивали в стерильных чашках Петри и высаживали в приготовленные горшки. Для постановки лабораторного опыта стерилизованная почвосмесь (вермекулит и песок в пропорции 2:1) помещалась в пластиковые горшки объемом 400мл. Затем в половину горшков вносился инокулят микоризных грибов (споры р. *Glomus*), «INOQ GmbH» (ФРГ). Опыты ставили в пятикратной повторности. Результаты эксперимента были сняты на 60 день выращивания растений.

Для определения инфицирования корней отбирали корневые системы лабораторных растений, мацерировали, окрашивали трипановым синим в молочной кислоте и готовили давленные препараты [1]. В ходе проведения микроскопирования при $120\times$ увеличении определяли наличие структур характерных для грибов (арбускулы, несептированные гифы), образующих арбускулярную микоризу в коре корня растения.

Определение концентрации хлорофилла в листьях *Avena sativa* и каротиноидов в листьях *Ph. vulgaris* проводили на спектрофотометре Jenway 6405 uv/vis. Определение активности пероксидаз проводили по методу Бояркина [4].

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что внесение инокулюма грибов-микоризообразователей приводит к повышению содержания хлорофилла *a* в листьях исследованных нами растений *Avena sativa*. Так, в листьях немикоризных растений данный показатель был на 15,2% ниже чем у микоризных (составив соответственно $5,98 \pm 0,29$ и $7,05 \pm 0,37$ мг/л). При этом, содержание хлорофилла *b* у микоризных и немикоризных представителей овса практически не различалось: соответственно $4,69 \pm 0,09$ (немикоризные) и $4,96 \pm 0,25$ мг/л (микоризные).

Показатель содержания хлорофилла *a+b* в листьях растений овса у микоризных экземпляров был в среднем на 12,4% выше, чем у не микоризных: соответственно $12,01 \pm 0,12$ и $10,68 \pm 0,02$ мг/л.

Внесение в почву тяжелых металлов в целом негативно влияло на содержание хлорофилла в листьях исследованных растений, приводя к заметному снижению изученных параметров. При этом, содержание хлорофилла *a* у микотрофных растений было выше, чем у не микотрофных, как при внесении цинка, так и при внесении меди. Так, листья микотрофных растений при внесении Zn содержали хлорофилла *a* на 13,2% больше, чем не микоризные (соответственно $5,99 \pm 0,07$ и $6,90 \pm 0,21$ мг/л), при внесении Cu – больше на 5,2% (соответственно $6,35 \pm 0,02$ и $6,70 \pm 0,16$ мг/кг). При внесении Zn математически достоверного различия в содержании хлорофилла *b* у не микоризных и микоризных представителей овса посевного не выявлено: соответственно $4,02 \pm 0,19$ и $4,25 \pm 0,16$ мг/л. Вместе с тем, при внесении Cu данный показатель у микотрофных экземпляров был на 33,4% выше, чем у не микотрофных (соответственно $4,85 \pm 0,83$ и $3,25 \pm 0,70$ мг/л).

Содержание хлорофилла *a+b* в листьях не микоризных растений выращенных с добавлением Zn было на 10,1% ниже, чем у микоризных (соответственно $10,02 \pm 0,13$ и $11,15 \pm 0,38$ мг/л). Аналогичный показатель у не микотрофных представителей овса посевного при внесении в почву Cu составил в среднем $9,79 \pm 0,81$ мг/л, у микотрофных - $11,58 \pm 0,64$ мг/л, что на 17,1% больше чем у не микотрофных растений.

Проведенные исследования, содержания каротиноидов в листьях фасоли обыкновенной, позволили выявить влияние микоризации (заражения корней растения-хозяина грибом микоризообразователем) на содержание данного вещества как при нулевых концентрациях металлов, так и при внесении свинца, в концентрации 300мг/кг.

Проведенные исследования показали, что микоризация растений приводит к существенному повышению содержания каротиноидов в листьях растений. Так, у микоризных экземпляров содержание каротиноидов было в 1,5 раза больше чем у не микоризных, составив соответственно $0,059 \pm 0,009$ и $0,039 \pm 0,004$ г/100г. Повышение содержания каротиноидов в листьях исследованных растений не могло не сказаться на общем состоянии растения, в частности, на таких показателях роста, как высота и площадь листьев. Так, площадь листьев у немикотрофных экземпляров составила в среднем 1364 мм кв., в то время как у микотрофных данный показатель поднимался в среднем до 1787 мм кв. Среднее значение высоты у немикоризных экземпляров фасоли было на 32 мм ниже, чем у микоризных составив в среднем соответственно 215,4 и 247,4 мм.

Внесение Pb приводило к повышению содержания каротиноидов в листьях исследованных растений, что, судя по всему, объясняется стрессовой реакцией растений на внесенный поллютант. При этом, количество каротиноидов в листьях микоризных растений выросло гораздо больше, чем у не микоризных. Так, количество каротиноидов при внесении 300 мг/кг Pb у не микоризных экземпляров увеличилось на 0,010 г/100г (с $0,039 \pm 0,004$ до $0,049 \pm 0,006$ г/100г), в то время как у микоризных аналогичный показатель вырос почти в 2 раза (с $0,059 \pm 0,009$ до $0,113 \pm 0,012$ г/100г), что, судя по всему, говорит о более высокой интенсивности биохимических процессов, связанных с реакцией растений на данный стрессовый фактор, и большей устойчивости микотрофных растений к загрязнению поллютантами, в частности к загрязнению почв свинцом.

Проведенные нами исследования показали, что, несмотря на внесение свинца в концентрации 300 мг/кг, количество каротиноидов в листьях микотрофных растений *Ph. vulgaris* было в 2 раза выше, чем у не микотрофных, следовательно, микориза продолжает играть существенную роль в жизнедеятельности растения, повышая его толерантность к неблагоприятным факторам окружающей среды, в частности к загрязнению почв тяжелыми металлами.

Проведенное нами исследование содержания пероксидазы в листьях микоризных и немикоризных растений *Avena sativa* L. показало, что в листьях микоризных растений данный фермент был несколько более активным, чем у немикотрофных. При этом, аналогичные показатели по корневой системе были прямо противоположными: активность пероксидазы в корнях микоризных растений была немного выше, чем у немикоризных.

Внесение в почву металлов приводило к повышению активности фермента у немикотрофных экземпляров *Avena sativa* L. как при внесении цинка, так и при внесении меди. В то время как у микотрофных представителей данного вида при внесении цинка активность пероксидазы повышалась, а при внесении меди – напротив наблюдалось снижение.

В условиях загрязнения почвы цинком и медью, как и в варианте опыта без внесения металлов наблюдался симметричный ответ при сравнении показателей в одинаковых вариантах опыта надземной и подземной части растений, так если происходило снижение активности фермента в корнях, то в листьях она напротив повышалась. Не исключено, что данный эффект обусловлен местом локализации поллютанта (листья или корни), что и приводит к смещению активности фермента, с преобладанием его проявления в той или иной части растения. Скорее всего, более высокая активность пероксидазы в корнях микотрофных растений по сравнению с немикотрофными при внесении меди, говорит о более высокой устойчивости микоризных растений к воздействию загрязнителя.

Разница между микоризными и немикоризными растениями при внесении меди в показателях активности пероксидазы существенно выше (корни: Zn – на 1,0 сек/г, Cu – 3,97 сек/г, листья: Zn – на 1,17 сек/г, Cu – 2,0 сек/г), чем в варианте опыта с цинком, что скорее всего может быть обусловлено более высокой активностью фермента и как следствие более мощными протекторными свойствами эндомикоризы для растения-хозяина.

Таким образом, микоризация фасоли обыкновенной (*Ph. vulgaris*) в условиях лабораторного опыта приводила к повышению роста растений, увеличению общей площади листьев и повышению содержания каротиноидов. Внесение в почву свинца приводило к заметному снижению исследованных параметров (длина побегов, площадь листьев), как у микоризных, так и у не микоризных растений *Ph. vulgaris*. Исползованные концентрации свинца (300 мг/кг) снижали исследуемые параметры (длина побегов и площадь листьев), как у микоризных, так и у не микоризных растений *Ph. vulgaris*, при этом микоризные растения развивались заметно лучше, чем не микоризные и их листья содержали большее количество каротиноидов, что свидетельствует о протекторном действии грибов. Внесение инокулюма грибов-микоризообразователей приводит к повышению содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях исследованных нами растений *Avena sativa* L. Показатель содержания хлорофилла *a + b* в листьях растений овса у микоризных экземпляров был в среднем на 12,4 % выше, чем у не микоризных.

Внесение в почву цветных металлов в целом негативно влияло на содержание хлорофилла в листьях исследованных растений, приводя к заметному снижению изученных параметров. Вместе с тем, показатель содержания хлорофилла *a* у не микоризных растений как при внесении Zn, так и при внесении Cu немного повышался, в то время как у микоризных снижался по сравнению с вариантом опыта без внесения металла.

При этом, содержание хлорофилла *a* у микотрофных растений было выше, чем у не микотрофных, как при внесении цинка, так и при внесении меди.

При внесении в почву тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn,) не смотря на снижение всех исследованных параметров растений - высоты, площади листьев, содержание каротиноидов в листьях у *Ph. vulgaris* и содержание хлорофилла в листьях *Avena sativa* микотрофные растения имели более высокие показатели по изученным параметрам, что говорит о протекторной роли грибов-микоризообразователей в условиях почвенного загрязнения тяжелыми металлами.

Проведенное нами исследование содержания пероксидазы в листьях микоризных и немикоризных растений *Avena sativa* L. показало, что в листьях микоризных растений данный фермент был несколько более активным, чем у немикотрофных. Очевидно, более высокая активность пероксидазы в корнях микотрофных растений по сравнению с немикотрофными при внесении меди, говорит о более высокой устойчивости микоризных растений к воздействию загрязнителя.

Разница между микоризными и немикоризными растениями при внесении меди в показателях активности пероксидазы существенно выше, чем в варианте опыта с цинком, что скорее всего может быть обусловлено более высокой активностью фермента и как следствие более мощными протекторными свойствами эндомикоризы для растения-хозяина.

В заключении необходимо отметить, что разработка биотехнологий рекультивации земель загрязненных поллютантами антропогенного происхождения, в частности тяжелыми металлами, требует комплексного подхода и проводимые исследования по изучению роли эндомикориз в устойчивости растений к ТМ – это только часть, один из элементов, технологий рекультивации (фиторемедиации, фитостабилизации). Так, проведенные нами исследования по изучению влияния биогумуса на поглощение тяжелых металлов (на примере Cd, Zn) таким гиперкумулятором тяжелых металлов, как *Helianthus annuus* L. (подсолнечник масличный) показали, что внесение биогумуса способствует снижению количества поллютантов накапливающихся как в надземной, так и в подземной части исследованных растений. Эти и подобные им данные могут быть использованы при разработке эффективных технологий рекультивации и восстановления земель, загрязненных поллютантами антропогенного происхождения, в частности тяжелых металлов.

1. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. - М.: Наука. 1981.

2. Sharma A.K., Johri B.N. Arbuskular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. Science Publishers, Inc. Plymouth, UK 2002.

3. Gildon A., Tinker P.B. A heavy metal-tolerant strain of mycorrhizal fungus. //Trans. Brit. Mycol. Soc. 1981. V. 77. N3. P.648-649

4. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа. 1975. 284 С.

Ауыр металдармен ластанган топырақта өсірілген микотрофты өсімдіктердің көрсеткіштері (жапырақ көлемі, пероксидаза, хлорофилл және каротиноид мөлшері) микотрофты емес өсімдіктермен салыстырғанда жоғары болды. Эндомикоризның қорғаныш қызметі көрсетілген.

It was comparing a mycorrhizal and nonmycorrhizal plant, growing on heavy metal (Pb, Cu, Zn) polluted soil. Arbuscular mycorrhiza increased plants tolerance to heavy metal.

УДК 577.21

А.С. Исабекова, В.А. Хайленко, А.Т. Иващенко
СВЯЗЫВАНИЕ МЕЖГЕННЫХ microRNA ЧЕЛОВЕКА С САЙТАМИ mRNA ГЕНОВ,
УЧАСТВУЮЩИХ В РАЗВИТИИ РАКА ТОЛСТОЙ КИШКИ
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

Выявлены сайты связывания 784 межгенных miRNA с 5'UTR, CDS и 3'UTR mRNA 54 генов, которые участвуют в развитии рака толстой кишки человека. Установлено существенное отличие 5'UTR, CDS и 3'UTR по числу сайтов связывания с межгенными miRNA. Средняя плотность сайтов связывания в 5'UTR mRNA 40 генов равнялась 33,1 s/l и была в 6,5, 4,7 и 3,8 раза больше, чем в 3'UTR, CDS и всей mRNA соответственно. Многие межгенные miRNA, связываются в некоторых mRNA с несколькими сайтами. Некоторые mRNA в 5'UTR имеют участки с высокой плотностью связывания miRNA. Доля длины 5'UTR, CDS и 3'UTR от средней длины mRNA 40 генов-мишеней для межгенных miRNA в среднем составляла 4,4%, 59,9%, 29,4%, а доля сайтов взаимодействия межгенных miRNA с 5'UTR, CDS и 3'UTR составляла 22,4, 49,2 и 28,4% соответственно. Результаты проведенных исследований показывают, что miRNA могут осуществлять регуляцию экспрессии генов как посредством связывания в 3'UTR, так и действуя на 5'UTR и CDS.

Первые микроРНК (miRNA) были обнаружены в 1993 году в генах нематоды [1] и интерес к этим регуляторам экспрессии генов постоянно растет. Если в 2009 году число публикаций по miRNA составляло 2500, то уже в 2011 году их число превысило 5000 [2]. Такое внимание к miRNA связано с их важной биологической ролью. Показано участие miRNA в таких важнейших биологических