

УДК 577.112.388.2 +582.542

Т.Л. Тажибаева, А.С. Масимгазиева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

E-mail: tamara.tazhibayeva@kaznu.kz

Свободный пролин как индикатор металлоустойчивости пшеницы

Показано повышение уровня свободного пролина в проростках различных сортов озимой пшеницы при действии солей Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} . Выявлена сортовая специфичность по данной аминокислоте в реакции озимой пшеницы на тяжелые металлы (ТМ). Установлено, что ионы Cd^{2+} являются наиболее сильными экотоксикантами, что влечет за собой активацию клеточных механизмов стрессоустойчивости растений, обусловленную накоплением свободного пролина. Рассматривается возможность использования свободного пролина для индикации металлоустойчивости пшеницы и других зерновых культур в целях устойчивого сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: свободный пролин, индикатор, экологические стрессы, адаптация, тяжелые металлы Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , сорта озимой пшеницы.

Т.Л. Тәжібаева, Ә.С. Мәсімғазиева

Еркін пролин бидайдың металдарға тұрақтылық индикаторы ретінде

Түрлі күздік бидай сұрыптарындағы еркін пролин мөлшерінің өсуіне Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} тұздарының әсері көрсетілген. Осы аминқышқылы бойынша ауыр металдардың (АМ) күздік бидайға реакциясы бойынша сұрыптық мамандануы анықталған. Cd^{2+} ионы аса қауіпті экотоксикант болып табылады, ол өсімдіктегі еркін пролиннің жинақталуын стресс-тұрақтылық клеткалық механизмнің күшеюіне әкелетіні анықталды. Бидай және басқа да астық дақылдарының тұрақты ауыл шаруашылық өндірісі мақсатында металдарға тұрақтылық индикациясы еркін пролинді қолдану мүмкіндігі қарастырылды.

Түйін сөздер: еркін пролин, индикатор, экологиялық стрестер, бейімделу, ауыр металдар Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , күздік бидай сұрыптары.

T.L. Tazhibayeva, A.S. Massimgaziyeva

Free proline as indicator of metal stability of wheat

Increase of level of a free proline in sprouts of various grades of winter wheat is shown at effect of salts Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} . High-quality specificity on this amino acid in reaction of winter wheat to the heavy metals (HM) is revealed. It is established that ions of Cd^{2+} are the strongest ekotoksikant that involves activation of cellular mechanisms a stress stability of the plants, caused by considerable accumulation of a free proline. Possibility of use of a free proline for indication of metal stability of wheat and other grain crops for steady agricultural production is considered.

Keywords: free proline, indicator, environmental stresses, adaptability, heavy metals Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , winter wheat variety.

Переход к «зеленой экономике» делает аграрное хозяйство более эффективным и экологичным, что является необходимым условием достижения устойчивого развития Казахстана. Важный инструмент в реализации принципов «зеленой экономики» – качественная биоиндикация природной среды. В этой связи поиск

физиолого-биохимических показателей металлоустойчивости зерновых культур относится к числу актуальных задач современной агроэкологии.

Источниками загрязнения почв ионами тяжелых металлов (ТМ) в сельскохозяйственном производстве, главным образом, являются ми-

неральные удобрения. Наиболее существенными как по набору, так и по концентрациям примесей ТМ являются фосфорные удобрения, а также удобрения с использованием экстракционной кислоты (аммофосы, аммофоски, нитрофоски, суперфосфаты). Простой суперфосфат является источником кадмия. Кроме кадмия (150-170 мг/кг), в нем встречаются хром (66-243 мг/кг), кобальт (0,1-90 мг/кг), медь (4-79 мг/кг), никель (7-32 мг/кг), ванадий (70-180 мг/кг) и цинк (50-1430 мг/кг). Также одним из источников ТМ являются сточные воды [1].

Адаптация сельскохозяйственных растений к результату нерациональной хозяйственной деятельности человека – загрязнению природной среды ТМ, носит в основном неспецифический характер и формируется за счет сходных защитно-приспособительных реакций, проявляющихся в ответ на действие других экологических стрессоров [2].

В настоящее время в литературе имеется множество экспериментальных данных, подтверждающих то, что пролин является эндогенным регулятором стрессоустойчивости растений, накапливаясь в клетках в значительных количествах при действии стрессовых факторов внешней среды – абиотических и антропогенных [3-5].

В работе изучалось влияние наиболее распространенных в Казахстане ТМ, к которым относятся медь, цинк и кадмий, на уровень накопления свободного пролина в различных сортах озимой пшеницы.

Для проращивания 7-дневных проростков пшеницы ставили варианты опытов с добавлением в питательный раствор 0,1 мМ CaSO_4 (контроль) солей ТМ (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) в концентрации 20 мг/л. Определение свободного пролина проводили по методике Бейтса [6]. Уровень свободного пролина в контроле принят за 100%. Работа проводилась в аналитической лаборатории биохимии и качества сельхоз продукции КазНИИ земледелия и растениеводства, зав. лабораторией – д.б.н., профессор Аbugалиева А.И.

Установлено, что ТМ стимулируют накопление свободного пролина в листьях проростков всех изучаемых сортов пшеницы на фоне ингибирования ростовых процессов. Уровень содержания свободного пролина в сорте Богарная 56 повысился под влиянием ионов Cu^{2+} на 31,6%, Zn^{2+} – 33,3%, Cd^{2+} – 158,3%. У сорта Безостая 1 наблюдалось увеличение количества свободного пролина под воздействием Cu^{2+} на 10%, при Zn^{2+} – 25%, а под влиянием Cd^{2+} на 136%. При воздействии ионов Cu^{2+} уровень аминокислоты у сорта Прогресс вырос на 6,7%, при Zn^{2+} – 10% и Cd^{2+} – 12,9% (рис.1).

Показана сортовая специфичность в накоплении свободного пролина при реагировании на ТМ. Наименьший уровень пролина в листьях пшеницы, наблюдался в среде с добавлением Cu^{2+} для сортов Безостая 1 и Богарная 56 (39,5 мг/ %).

Активизацией обменных процессов связанных с повышением уровня свободного пролина

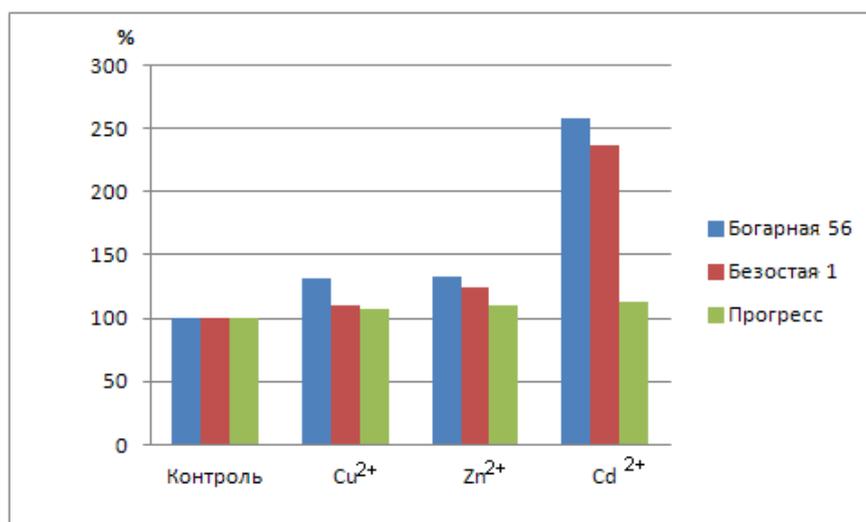


Рисунок 1 – Влияние ионов ТМ на уровень свободного пролина на проростки пшеницы

под влиянием металлического стресса отличался ряд сортов, включая Богарная 56.

Высокий уровень свободного пролина наблюдался при действии ионов Cd^{2+} . Доказано, что ионы Cd^{2+} являются наиболее сильными токсикантами по сравнению с Zn^{2+} , что влечет за собой активацию клеточных механизмов стрессоустойчивости [1, 4, 7]. Это связано со значительным повышением содержания свободного пролина по сравнению с контролем: Богарная 56 на 158,3%, Безостая 1 на 136%. У сорта Прогресс уровень свободного пролина при действии Cd^{2+} был в два раза выше по сравнению с реакцией на Cu^{2+} . По накоплению пролина выявилась четкая закономерность в степени реакции сортов пшеницы на действие ТМ: $Cu^{2+} < Zn^{2+} < Cd^{2+}$.

Ранее в опытах по влиянию ТМ на биометрические показатели прорастания зерновых культур показано, что токсический эффект Cd^{2+} был 2-4 раза выше, чем при Cu^{2+} для растений пшеницы и ячменя [7]. Обнаружено ингибирование роста и накопления биомассы у пшеницы и ячменя под влиянием рассматриваемых ионов ТМ, что согласуется с результатами [8]. Установлена «барьерная, накопительная» функция корня в механизмах металлоустойчивости, объясняющая наблюдаемое торможение ростовых процессов растений. При этом эффективность механизмов «задержания» металла у зерновых существенно выше, чем у бобовых культур [8]. В этой связи закономерно повышение уровня свободного пролина в клетках, переживающих стрессовые воздействия, которое многие исследователи связывают с приостановкой активного роста растений в неблагоприятных условиях среды [2, 3-5, 9, 10].

Как правило, действие различных стрессоров абиотической и антропогенной природы сопровождается обезвоживанием клетки. В условиях водного дефицита мобилизуются внутриклеточные водоудерживающие механизмы, среди которых чрезвычайно активен эндогенный пролин, обладающий высоким гидрофильным потенциалом, значительными осморегулирующими свойствами [3, 6, 9].

Учитывая, что пролин – потенциальный резервный метаболит, выполняющий полифункциональную биологическую роль в растительном обмене, уровень и вариабельность в его накоплении могут быть достаточно информативными критериями общей адаптационной способности сельскохозяйственных растений [9].

На использование пролина в качестве диагностического показателя толерантности видовых и сортовых различий у пшеницы при действии стрессовых факторов внешней среды указывается в статье Ю. Кенес и И. Онсел [10].

Нами ранее показано, что содержание аминокислоты в зерне было выше на фоне применения удобрения (P_{60}), что характерно для всех сельскохозяйственных культур. Под влиянием фосфора коэффициент накопления свободного пролина по сравнению с контрольными растениями составил для озимой пшеницы 1.0-3.16, озимой ржи 1.4-1.6, озимого тритикале 1.8-2.0, что наиболее четко проявилось в засушливый год [9].

Резюмируя мнения различных авторов и собственные исследования (рис. 2), постулируем центральную роль аминокислоты пролина в метаболизме растений, переживающих различные изменения внешней среды – засуха, влияние высоких и низких температур, солей и ТМ, а сле-



Рисунок 2 – Роль пролина в диагностике устойчивости к стрессовым факторам внешней среды

довательно возможности использования его как одного из ведущих биоиндикаторов в распознавании и диагностики уровня устойчивости растений к экологическим стрессам, в частности к ТМ [9].

При этом действие ТМ рассматривается как один из антропогенных факторов среды, который влияет на проявление защитных механизмов растений, в том числе зерновых культур. В настоящее время развивается концепция биологического подхода к решению проблемы индикации состояния природной среды, которая базируется на использовании эволюционно сформировавшихся и генетически закрепленных механизмов устойчивости высших растений к присутствию в среде высоких концентраций ТМ и других загрязнителей-поллютантов.

Согласно современным представлениям, устойчивость растений к избыточному количеству поллютантов может происходить как за счет специфических, так и неспецифических механизмов адаптации, которые сводятся в основном к следующим позициям – предотвращению поступления ТМ в растение и ограниченному их передвижению [8], что влечет за собой ак-

тивацию физиолого-биохимических процессов защитного характера: накопление свободного пролина, осмолитов, повышение активности ферментов клеточной детоксикации, таких, как пероксидаза, каталаза, супероксиддисмутаза и др. [2, 4, 5]. Предполагаемые биохимические механизмы, объясняющие сигнальную роль пролина в развитии адаптации растений к экологическим стрессам, приводятся в работах [3, 5, 9].

Чем выше токсичность металла, тем интенсивнее происходят изменения метаболизма растения, сопровождающиеся повышением уровня внутриклеточного пролина. Наблюдаемая нами сортовая специфичность пшеницы в накоплении свободного пролина свидетельствует о различном уровне проявления защитно-приспособительных реакций растений при адаптации к действию ТМ.

Вышеприведенные данные открывают перспективу для разработки биоиндикационных тестов, основанных на использовании свободного пролина для диагностики металлоустойчивости пшеницы, и в целом **экологической толерантности к антропогенному загрязнению сельскохозяйственных растений.**

Литература

- 1 Хекилаева З.С. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в почвах и зерне пшеницы, выращиваемой в РСО-Алания // Аграрная Россия. – 2011. - № 2. – С.70-71.
- 2 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.
- 3 Кузнецов Вл.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе// Физиология растений. – 1999.- Т.46. – №2. – С. 321-336.
- 4 Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П. Влияние ионов кадмия и свинца на рост и содержание пролина и АБК в проростках огурца // Физиология растений. - 1999. - Т.46. - №1. С.164-167.
- 5 Arbona V., Manzi M., de Ollas C., Gymez-Cadenas A. Metabolites as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants (Review)// International Journal of Molecular Sciences. – V.14, Issue 3. – 2013. - P.4885-4911.
- 6 Bates L.S., Waldern R.P., Ieare A.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies// Plant and Soil. – 1973. – V.39. – №1. – 207 (Short communication).
- 7 Масимгазиева А.С., Тажибаева Т.Л. Экологически безопасная сельскохозяйственная продукция и устойчивость пшеницы и ячменя к тяжелым металлам // Геоэкологические и геоинформационные аспекты в исследовании природных условий и ресурсов науками о земле: Материалы международной научно-практической конференции «VII Жандаевские чтения». – Алматы, 2013. – С. 511-516.
- 8 Гамзиков Г.П., Гамзикова О.И., Широких П.С. Сравнительная устойчивость зерновых и зернобобовых культур к уровню кадмия в почве // Земледелие и химизация. – 2012. – №2. – С.5-11.
- 9 Тажибаева Т.Л. Пролин и общая адаптационная способность сельскохозяйственных растений// Вестник КазНУ. – Серия биологическая. - №3(45). – С.201-205.

10 Кенес Ю., Онсел И. Рост и содержание ряда растворимых метаболитов у двух видов пшеницы, подвергнутых совместному действию нескольких стрессовых факторов // Физиология растений. – 2004. – Т.5. - №2. – С. 228-235.

References

- 1 Hekilaeva Z.S. Sravnitel'nyj analiz sodержanija tjazhelyh metallov v pochvah i zerne pshenicy, vyrashhivaemoj v RSO-Alanija // Agrarnaja Rossija. – 2011. - № 2. – S.70-71
- 2 Duhovskij P., Juknis R., Brazajtite A, Zhukauskajte I. Reakcija rastenij na kompleksnoe vozdejstvie prirodnyh i antropogennyh stressorov // Fiziologija rastenij. - 2003. – Т.50.-№2.-S.165-173.
- 3 Kuznecov V.I., Shevjakova N.I. Prolin pri stresse // Fiziologija rastenij. – 1999.- Т.46. –№2. –S.321-336.
- 4 Talanova V.V., Titov A.F., Boeva N.P. Vlijanie ionov kadmija i svinca na rost i sodержanie prolina i ABK v prorostkah ogurca // Fiziologija rastenij, 1999. –Т.46. -№1. S.164-167.
- 5 Arbona V., Manzi M., de Ollas C., Gimez-Cadenas A. Metabolites as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants (Review) // International Journal of Molecular Sciences. –V.14, Issue 3. – 2013. - P.4885-4911.
- 6 Bates L.S., Waldern R.P., Ieare A.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies. // Plant and Soil. – 1973. – V.39. – №1. – 207 (Short communication)
- 7 Masimgazieva A.S., Tazhibaeva T.L. Jekologicheski bezopasnaja sel'skohozjajstvennaja produkcija i ustojchivost' pshenicy i jachmenja k tjazhelym metallam // Geojekologicheskie i geoinformacionnye aspekty v issledovanii prirodnyh uslovij i resursov naukami o zemle: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «VII Zhandaevskie chtenija». – Almaty, 2013. – S. 511-516.
- 8 Gamzikov G.P., Gamzikova O.I., Shirokih P.S. Sravnitel'naja ustojchivost' zernovyh i zernobobovyh kul'tur k urovnju kadmija v pochve. // Zemledelie i himizacija. – 2012. – №2. – S.5-11.
- 9 Tazhibaeva T.L. Prolin i obshhaja adaptacionnaja sposobnost' sel'skohozjajstvennyh rastenij // Vestnik KazNU. – serija biologicheskaja. - №3(45). –S.201-205.
- 10 Kenes Ju., Onsel I. Rost i sodержanie rjada rastvorimyh metabolitov u dvuh vidov pshenicy, podvergnutyh sovmestnomu dejstvuju neskol'kih stressovyh faktorov. // Fiziologija rastenij. – 2004. – Т.5. - №2. – S.228-235.