

УДК 633.16:581.1/5:577.17

С.Д. Атабаева*, А.Б. Жардамалиева, А.С. Нурмаханова, С.Ш. Асрандина, С.А. Шоинбекова, С.С. Кенжебаева, А.Ж. Бейсенова, Ж. Пахратдинова

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

*e-mail: sauleat@yandex.ru

Влияние действия ионов кадмия на уровень ПОЛ и содержание хлорофилла у сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

Сорта пшеницы, контрастные по устойчивости (по предварительным исследованиям) к кадмию - Казахстанская-3, Казахстанская ранняя и Шагала были взяты для изучения уровня перекисного окисления липидов и содержания хлорофиллов. С увеличением концентрации ионов кадмия повышался уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) и снижалась концентрация хлорофиллов *a* и *b*. Уровень ПОЛ был выше у неустойчивого сорта Шагала по сравнению с устойчивыми. У устойчивых сортов Казахстанская-3 и Казахстанская ранняя содержание фотосинтетических пигментов в условиях загрязнения среды ионами кадмия было выше, чем у неустойчивого сорта Шагала. Данные биохимические и физиологические показатели можно применять в качестве маркеров для отбора устойчивых сортов растений к неблагоприятным условиям среды

Ключевые слова: пшеница, кадмий, перекисное окисление липидов, хлорофилл, устойчивость.

S.D. Atabaeva*, A.B. Zhardamaliev, A.S. Nurmahanova, S.S. Kenjebayeva, S.S. Asrandina, S.A. Shoinbekova, A. Beisenova, J. Pahratdinova

Effect of cadmium lipid peroxidation and chlorophyll content in wheat varieties (*Triticum aestivum* L.)

Wheat varieties contrasting on tolerance (according to preliminary results) to cadmium - Kazakhstanskaya -3, Kazakhstanskaya rannnaya and Shagala were taken for the study of lipid peroxidation and chlorophyll content. With increasing concentration of cadmium increased level of lipid peroxidation and decreased the concentration of chlorophyll *a* and *b*. The level of lipid peroxidation was higher in the sensitive to cadmium Shagala variety compared to tolerant ones. In resistant varieties Kazakhstanskaya-3 and Kazakhstanskaya rannnaya content of photosynthetic pigments under cadmium stress was higher than that of non-resistant variety Shagala. These biochemical and physiological parameters can be used as markers for the selection of tolerant varieties of plants to adverse environmental conditions.

Keywords: wheat, cadmium, lipid peroxidation, chlorophyll, tolerance.

С.Д. Атабаева, А.Б. Жардамалиева, А.С. Нурмаханова, С.Ш. Асрандина, С.А. Шоинбекова, С.С. Кенжебаева, А.Ж. Бейсенова, Ж. Пахратдинова

Бидай сорттарындағы (*Triticum aestivum* L.) хлорофилл құрамы және липидтердің асқын тотығуы деңгейіне кадмий иондарының әсері

Кадмий иондарына төзімді бидайдың – Казахстанская-3, Казахстанская ранняя және Шағала сорттарындағы хлорофилл құрамы және липидтердің асқын тотығының деңгейіндегі өзгерістерге зерттеулер жүргізілді. Кадмий иондарының жоғары концентрациясында липидтердің асқын тотығуы (ЛАТ) деңгейі жоғарлап, ал *a* және *b* хлорофилл мөлшері төмендеген. Төзімді сорттармен салыстырғанда Шағала төзімсіз сорттың липидтердің асқын тотығының деңгейі жоғары екендігін көрсетті. Сонымен кадмий иондарымен ластанған ортада төзімсіз Шағала сортына қарағанда төзімділік көрсеткен Казахстанская-3 және Казахстанская ранняя сорттарының фотосинтетикалық пигменттер құрамы жоғары деңгейде болды. Қолайсыз ортадағы төзімді өсімдік сорттарын іріктеу үшін анықталған биохимиялық және физиологиялық көрсеткіштерді маркерлер сапасы ретінде қабылдауға болады.

Түйін сөздер: бидай, кадмий, липидтердің асқын тотығы, хлорофилл, төзімділік.

В результате промышленной деятельности в окрестностях больших городов и крупных металлургических комплексов Казахстана, большие площади загрязнены тяжелыми металлами. Постоянно растущие объемы отходов промышленного производства формируют новые тех-

ногенные ландшафты [1]. В значительной части растительных проб огородных культур содержание кадмия превышает ПДК в несколько раз [2]. Известно, что под действием тяжелых металлов снижается урожайность сельскохозяйственных культур [3-5]. В целях определения

физиологических и биохимических маркеров на устойчивость к действию ионов кадмия были изучены уровень перекисного окисления липидов и содержание хлорофилла у сортов пшеницы, широко районированных в Казахстане.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований были взяты 3 сорта пшеницы Казахстанская-3, Казахстанская ранняя (по результатам предыдущих исследований относительно устойчивые по ростовым параметрам) и Шагала (неустойчивый сорт). Растения выращивали 7 дней в растворах, содержащих различные концентрации Cd (в виде соли CdSO₄): контроль; 0,15 мМ CdSO₄; 0,3 мМ CdSO₄.

Перекисное окисление липидов определяли по методу, основанному на учете количества малонового диальдегида, образующегося в результате реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [6]. Содержание малонового диальдегида выражали в мкмоль/г сырой массы.

Определение фотосинтетических пигментов проводили по методике Шлык [7]. Оптическую плотность измеряли с помощью спектрофотометра при длинах волн 665, 649 и 440,5 нм. Расчет содержания пигментов производили по формулам (формула Вернера):

$C_A(\text{мг/л}) = 11,63 \times D_{665} - 2,39 \times D_{649}$; $C_B(\text{мг/л}) = 20,11 \times D_{649} - 5,18 \times D_{665}$. Затем производили пересчет содержания пигментов на мг/г:

$A = C \times V / P \times 1000$, где A – содержание пигментов, мг/г; C – концентрация хлорофилла, мг/л; V – объем вытяжки, мл; P – навеска, г.

Результаты и их обсуждение

Влияние ионов кадмия на уровень перекисного окисления липидов сортов пшеницы. Наиболее ранние изменения в ответ на действие внешних неблагоприятных факторов происходят на уровне наружной мембраны растительной клетки – плазмалеммы (ПМ). Одной из быстрых неспецифических реакций клеточных мембран, вызванной любым стрессом, является усиление перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембран [8-10]. Кадмий не является редокс-металлом, но тем не менее его избыток вызывает окислительный стресс, образование реактивно окисленных веществ, как супероксид-радикалы (O₂⁻), синглетный кислород (¹O₂), перекись водорода (H₂O₂) и гидроксил-радикалы (·OH) [11].

При действии низкой концентрации кадмия (0,15 мМ CdSO₄) уровень ПОЛ увеличивался у сортов Казахстанская ранняя, Казахстанская-3 и Шагала на 5, 30 и 40%, соответственно (рисунок 1).

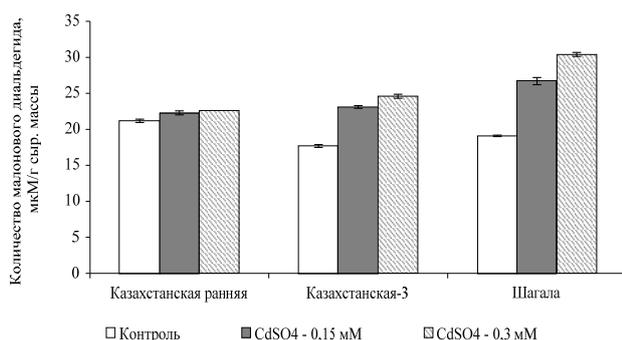


Рисунок 1 – Влияние действия ионов кадмия на уровень перекисного окисления липидов у сортов пшеницы

При высокой концентрации кадмия (0,3 мМ CdSO₄) уровень перекисного окисления липидов увеличивался: у сортов Казахстанская

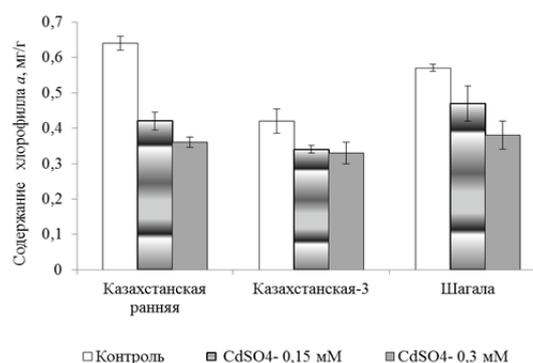


Рисунок 2 – Влияние ионов кадмия на содержание хлорофилла a в листьях пшеницы

ранняя, Казахстанская-3 и Шагала на 7, 39 и 59%, соответственно.

По степени повышения ПОЛ при действии 0,3 мМ CdSO₄, сорта можно расположить

следующим образом: Шагала (159) > Казахстанская-3 (139) > Казахстанская ранняя (107).

Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях сортов пшеницы в условиях действия ионов кадмия. Содержание хлорофилла *a* при низкой концентрации кадмия (0,15 мМ) в наибольшей степени снижалось у сорта Казахстанская ранняя (на 44%) (рисунок 2). У сортов Казахстанская-3 и Шагала данный показатель снижался на 29 и 27%, соответственно.

При увеличении концентрации кадмия вдвое содержание хлорофилла *a* в наибольшей степени снижается у сортов Казахстанская ранняя и Шагала – на 34%. В наименьшей степени данный показатель снижается у сорта Казахстанская-3 – на 21% относительно контроля. По содержанию хлорофилла *a* сорта можно расположить следующим образом: Казахстанская-3 (79%) > Казахстанская ранняя (66%) = Шагала (66%).

Содержание хлорофилла *b* при действии кадмия уменьшалось почти в той же степени, как и содержание хлорофилла *a* у всех исследуемых сортов пшеницы. При 0,15 мМ CdSO₄ у сортов Казахстанская ранняя, Казахстанская-3 и Шагала содержание хлорофилла *b* снижалось на 35, 18 и 17% (рисунок 3).

При высокой концентрации кадмия (0,3 мМ CdSO₄) содержание хлорофилла *b* у сорта Казахстанская ранняя снизилось в наибольшей степени (на 45%). В наименьшей степени данный показатель снизился у сорта Казахстанская-3 – на 23%.

По содержанию хлорофилла *b* при высокой концентрации кадмия сорта можно расположить следующим образом: Казахстанская-3 (77%) > Шагала (68%) > Казахстанская ранняя (65%).

Содержание хлорофилла снижалось у разных видов растений при действии тяжелых металлов. Тяжелые металлы негативно действуют на синтез хлорофилла на уровне ферментов синтеза или снижают поглощение необходимых элементов для синтеза пигментов [12].

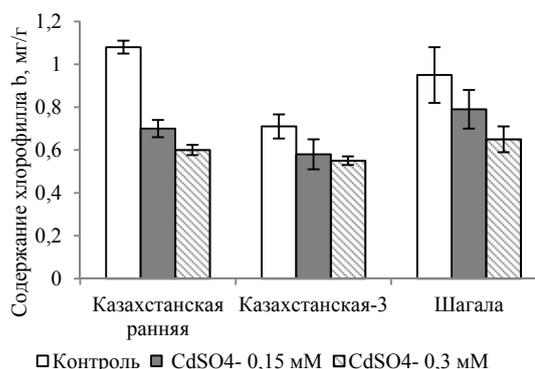


Рисунок 3 – Содержание хлорофилла *b* в листьях пшеницы при действии ионов кадмия

Таким образом, в результате исследований можно заключить, что при действии кадмия повышается уровень перекисного окисления липидов и содержание хлорофиллов снижается. Степень снижения содержания фотосинтетических пигментов и повышения ПОЛ коррелирует со степенью устойчивости растений.

Литература

- 1 Тасекеев М. Биоремедиация токсичных промышленных отходов // Промышленность Казахстана. – 2004. – №5 (26). – С. 59-63.
- 2 Панин М.С. Влияние техногенных факторов и агрохимической деятельности человека на содержание и миграцию тяжелых металлов в системе “почва-растение” // Сборник материалов научно-техн. конф. «Состояние и рациональное использование почв республики Казахстана». – Алматы, 1998. – С. 76-79.
- 3 Cho U., Seo N. Oxidative stress in *Arabidopsis thaliana* exposed to cadmium is due to hydrogen peroxide accumulation // Plant Science. – 2004. – Vol.168. – P.113-120.
- 4 Dixit V., Pandey V., Shymar R. Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. cv.Azad) // J.Exp.Bot. – 2001. – Vol. 52. – P. 1101-1109.
- 5 Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – С. 606-630.
- 6 Мерзляк М.Н., Погосян С.И., Юфарова С.Г. Использование 2-тиобарбитуровой кислоты в исследованиях ПОЛ в тканях растений // Науч. Докл. Высш. школы. Биол. науки. – 1978. – № 9. – С. 86-94.

-
- 7 Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. В кн. Биохимические методы в физиологии растений / под ред. О.А. Павлиновой. – М.: Наука, 1971. – С.154-170.
- 8 8 Курганова Л.И., Веселов А.П., Гончарова Т.А. Перекисное окисление липидов и аниоксидантная система защиты в хлоропластах при тепловом шоке // Физиология растений. – 1997. – Т. 44. – С. 725-730.
- 9 Elstner E.F., Wagner G.A., Schultz W. Activated oxygen in green plants in relation to stress situations // Curr. Top. Plant Biochem. Physiol. – 1988. – Vol. 7. – P. 159-187.
- 10 Атабаева С.Д. Действие меди на активность окислительно-восстановительных ферментов и перекисное окисление липидов мембран // Биотехнология. Наука и практика. – 2005. – № 4. – С. 111-118.
- 11 Verma R., Shekhawar G.S., Sharma F., Mehta S.K., Sharma V. 2008. Cadmium induced oxidative stress and changes in soluble and ionically bound cell wall peroxidase activities in roots of seedling and 3-4 leaf stage plants of *Brassica juncea* (L.) Czern // Plant Cell Reports. - Vol. 27. - P.1261-1269.
- 12 Lanaras T., Moustakas M., Symeonidis L., Diomantoglou S., Karataglis S. Plant metal content, growth responses and some photosynthetic measurements of field-cultivated wheat growing on ore bodies enriched in Cu // Physiologia Plantarum. - 1996. – Vol. 88. - P. 307-314.