

2 - бөлім

Раздел 2

Section 2

**Қоршаған
орта ластаушыларының
биотаға және тұрғындар
денсаулығына
әсерін бағалау**

**Оценка действия
загрязнителей
окружающей среды
на биоту и здоровье
населения**

**Assessment
of environmental
pollution on biota
and health**

УДК 633.11:504.5-03:581.1

Р.А. Алыбаева*, С.С. Кенжебаева,
С.Д. Атабаева, С.Ш. Асрандина, А.А. Асылбекова,
А.Д. Сербаева, Г.Ж. Билялова

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

*E-mail: raya_aa@mail.ru

Генетический потенциал озимой пшеницы по устойчивости к тяжелым металлам

Проведен скрининг генотипов озимой пшеницы по устойчивости к кадмию и цинку в условиях загрязнения среды. Исследовались ростовые параметры и индекс толерантности растений. Показано, что внесение в среду выращивания ионов кадмия и цинка подавляет рост растений. Различия между генотипами выявлены как на уровне корневой устойчивости, так и устойчивости к транслокации кадмия и цинка в надземные органы. Генотипы проявляют различную устойчивость к разным металлам. Определение ростовых параметров и индекса толерантности позволило выявить чувствительные и устойчивые к неблагоприятному действию кадмия и цинка генотипы. Один из исследуемых генотипов проявил устойчивость к действию как кадмия, так и цинка.

Ключевые слова: металлоустойчивость, озимая пшеница, загрязнение среды, кадмий, цинк, скрининг.

R.A. Alybayeva, S.S. Kenzhebayeva, S.D. Atabayeva, S.Sh. Asrandina, A.A. Asylbekova,
A.D. Serbaeva, G.J. Bilyalova

The genetic potential of winter wheat for resistance to heavy metals

The screening of the gene pool of wheat for resistance to cadmium and zinc in conditions of pollution was held. The growth parameters and tolerance index of plants were investigated. It is shown that the introduction of cadmium and zinc ions to of growing medium inhibit the growth of plants. Differences between genotypes are identified as on the level of root stability and resistance to cadmium and zinc translocation in aerial organs. Genotypes exhibit varying resistance to different metals. Determination of growth parameters and tolerance index revealed genotypes that are sensitive and resistant to the adverse effects of cadmium and zinc. One of studied genotypes showed resistant to the action of cadmium and as well as of zinc.

Key words: metal resistance, winter wheat, pollution, cadmium, zinc, screening.

Р.А. Алыбаева, С.С. Кенжебаева, С.Д. Атабаева, С.Ш. Асрандина, А.А. Асылбекова,
А.Д. Сербаева, Г.Ж. Билялова

Күздік бидайдың ауыр металға төзімділігінің генетикалық потенциалы

Ластанған орта жағдайында күздік бидайдың генофондына мырыш және кадмийге төзімділігі бойынша скрининг жүргізілді. Өсімдіктің толеранттылық индексімен өсу параметрлері зерттелді.

Өсіру ортасына мырыш және кадмийдің иондарын енгізу өсімдіктің өсуін тежейтіні көрсетілді. Генотиптер арасындағы өзгешеліктер тамырлық төзімділік деңгейіндегі сияқты жерүсті мүшелерінде де мырышпен кадмийдің транслокациясына төзімді екені көрінді. Генотиптер әртүрлі металдарға әртүрлі төзімділік көрсетеді. Толеранттылық индексмен өсу параметрлерін анықтау генотиптердің мырышпен кадмийдің қолайсыз әсеріне төзімді және сезімтал екендігін анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеліп отырған генотиптердің біреуі кадмийге сияқты, мырыштың әсеріне төзімділік көрсетті.

Түйін сөздер: металға төзімділік, күздік бидай, ортаның ластануы, кадмий, мырыш, скрининг.

Известно, что способность к поглощению, накоплению, и использованию химических элементов у растений генетически детерминирована [1]. Исследованиями Гамзиковой О.И. с сотрудниками выявлена значительная вариабельность устойчивости *Triticum* к тяжелым металлам на видовом и сортовом уровнях. Авторы рассматривали генетические резервы рода *Triticum* по устойчивости к воздействию Ni и Cd. Ими экспериментально доказан и количественно оценен широкий спектр межвидового и внутривидового полиморфизма по устойчивости *Triticum* к Ni и Cd. Установлено, что наиболее устойчивыми к Ni и Cd являются *Tr. compactum*, *Tr. turanicum*, *Tr. durum*, *Tr. aestivum*. На основании материала, полученного при скрининге генофонда пшеницы и использовании генетических моделей, авторы развивают представления о возможности управления признаками эдафической устойчивости селекционным методом [2, 3].

Создание сортов, устойчивых к воздействию тяжелых металлов, является слабо разработанным, но экологически и экономически безупречным способом решения проблемы загрязнения почв. Открытие механизмов металлоустойчивости и наличие естественного полиморфизма по данному признаку позволяет надеяться на успех экспериментального конструирования толерантных генотипов, формирующих экологически чистую товарную часть продукции [4].

На первой стадии этого процесса необходимо изучение генофонда культурных и дикорастущих растений и выделение устойчивых форм растений и доноров, накапливающих минимальное количество экотоксикантов в товарной части урожая [5].

Ранее нами был проведен скрининг различных видов, сортов и линий озимой пшеницы для выявления наиболее металлоустойчивых форм растений в лабораторных условиях. Также были проведены полевые исследования физиолого-генетических характеристик изучаемых линий, сортов и видов озимой пшеницы в условиях произрастания на почвах загрязненных тяжелыми металлами. Это позволило охарактеризовать

наиболее урожайные и устойчивые к неблагоприятным условиям перезимовки и летней вегетации генотипы, которые способны сохранять продуктивность и устойчивость к неблагоприятным метеорологическим условиям среды и в тоже время не накапливают тяжелые металлы в товарной части растений. Данное исследование является продолжением этой работы. Были взяты перспективные генотипы из коллекции ВК НИИСХ с целью расширения круга изучаемых форм озимой пшеницы и пополнения выявленными металлоустойчивыми формами коллекции устойчивых к тяжелым металлам форм. Наиболее перспективные по урожайности и устойчивости к неблагоприятным условиям перезимовки и летней вегетации формы, которые к тому же отличаются металлоустойчивостью, могут быть вовлечены в селекционный процесс для получения сортов, способных давать высокий урожай и относительно чистую продукцию в условиях загрязнения.

Материалы и методы

Объектом исследования явилась пшеница, которая широко возделывается в Восточно-Казахстанском регионе. Эксперименты были выполнены на 14-суточных проростках различных генотипов пшеницы коллекции ВК НИИСХ: выращенных на питательной смеси, содержащей 0,1мМ CaSO_4 , ионы Cd в концентрации 400 мг/л (в виде соли $\text{Cd}(\text{C}_3\text{COO})_2$) или ионы Zn в концентрации 400 мг/л (в виде соли ZnSO_4). Растения выращивали 14 дней в факторостатных условиях в водной культуре при $t = 22^\circ\text{C}$ днем и 18°C ночью, с 14-часовым фотопериодом, интенсивностью освещения 5 тыс. люкс, влажностью 65%.

Измерение ростовых показателей проводилось по общепринятым методам. Растения расчленяли на надземную часть и корни. Измеряли длину корней и надземных органов. Индекс толерантности, или Коэффициент Уилкинса, вычисляли по формуле $I_t = I_{mc} / I_c$, где I_{mc} – прирост корней на растворе с исследуемым металлом, I_c – прирост корней на растворе без металла [6].

Результаты и их обсуждение

Изучение влияния кадмия и цинка на ростовые параметры проростков пшеницы показало, что ионы кадмия и цинка подавляют рост и накопление биомассы растениями (рисунок 1, 2).

Судя по росту корней, наиболее устойчивыми к действию кадмия оказались генотип № 187 (рисунок 1). У этого генотипа рост корней ингиби-

руется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Наиболее неустойчивым к неблагоприятному действию кадмия оказались генотипы №372 и № 283, среднюю устойчивость к воздействию ионов кадмия показали генотипы №432, № 351.

Коэффициент Уилкинса, или индекс толерантности, наибольший у генотипа № 187, средние – у генотипов № 432 и № 351, наименьшие – у генотипов № 283 и № 372 (таблица 1).

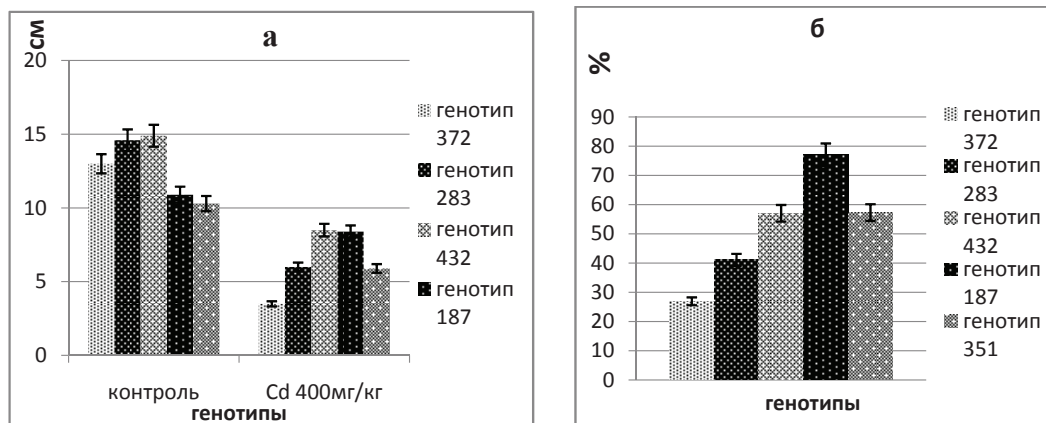


Рисунок 1 – Рост корней различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли кадмия в концентрации 400 мг/кг:

а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

Таблица 1– Коэффициент Уилкинса различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли кадмия

Условия опыта	Генотип 372	Генотип 283	Генотип 432	Генотип 187	Генотип 351
400 мг/кг Cd(C ₃ COO) ₂	0,27	0,41	0,57	0,77	0,57

Таким образом, по результатам исследования роста корней при различных концентрациях кадмия в среде выращивания и индекса толерантности можно выделить генотип № 187 как генотип с наиболее устойчивой корневой системой к неблагоприятному действию кадмия.

Судя по росту надземных органов, наиболее устойчивыми к действию кадмия оказались генотипы: №432 и №187 (рисунок 2). У этих генотипов рост надземных органов ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Наиболее неустойчивым к неблагоприятному действию кадмия оказался генотип №372. У генотипов №283 и №351 рост надземных органов не так значительно тормозится, как у генотипа №372.

Таким образом, по результатам исследования роста надземных органов в условиях высокой

концентрации ионов кадмия в среде выращивания можно выделить генотипы № 432 и № 187 как генотипы более устойчивые, генотипы № 283, № 351 и № 372 как генотипы менее устойчивые к транслокации кадмия в надземные органы.

Судя по росту корней, наиболее устойчивыми к действию цинка оказались генотипы № 351 и № 372 (рисунок 3). У этих генотипов рост корней ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Наиболее неустойчивым к неблагоприятному действию цинка оказался генотип № 283, у этого генотипа рост корней значительно тормозится. У генотипов № 187 и № 432 рост корней тормозится в средней степени, по сравнению с остальными генотипами.

Коэффициент Уилкинса, или индекс толерантности, наибольший у генотипа №351. Средние

значения индекса толерантности у генотипов №372 и № 187. Наименьшие значения индекса толерантности у генотипов №432 и №283 (рисунок 2).

Таким образом, по результатам исследования роста корней при различных концентрациях цинка в среде выращивания и индекса толерантности можно выделить генотипы № 351 и № 372 как генотипы с наиболее устойчивой корневой системой к неблагоприятному действию цинка.

Судя по росту надземных органов, наиболее устойчивыми к действию цинка оказались генотипы № 432 и № 372 (рисунок 4). У этих ге-

типов рост надземных органов ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Менее устойчивыми к неблагоприятному действию цинка оказались генотипы № 187 и № 283. Наименее устойчивым к действию высокой концентрации цинка оказался генотип № 351.

Таким образом, по результатам исследования роста надземных органов в условиях высокой концентрации ионов цинка в среде выращивания можно выделить генотипы № 432 и № 372 как генотипы более устойчивые, генотипы № 187 и № 283, № 351 – как генотипы менее устойчивые к транслокации цинка в надземные органы.

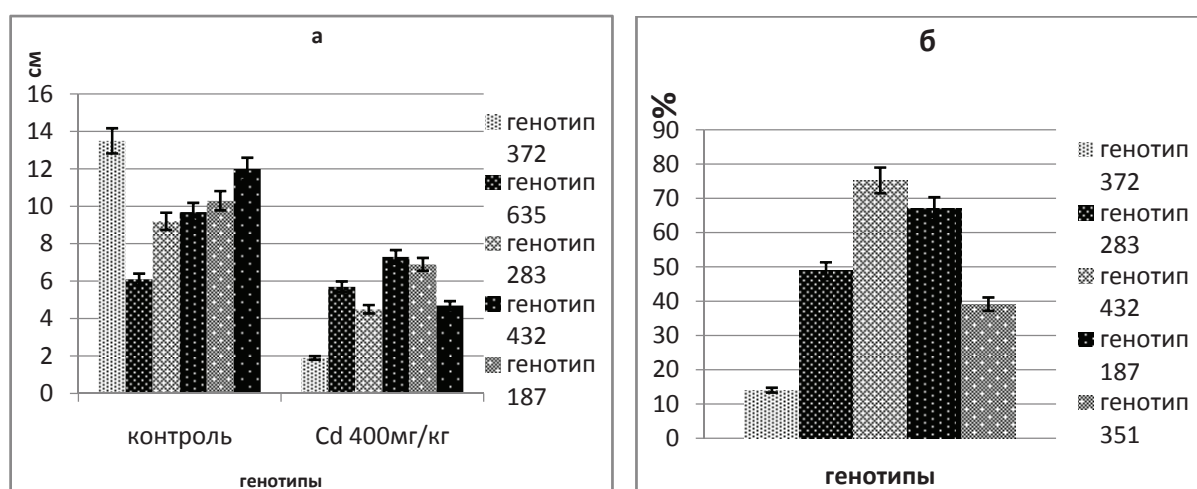


Рисунок 2 – Рост надземных органов различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли кадмия в концентрации 400 мг/кг:
а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

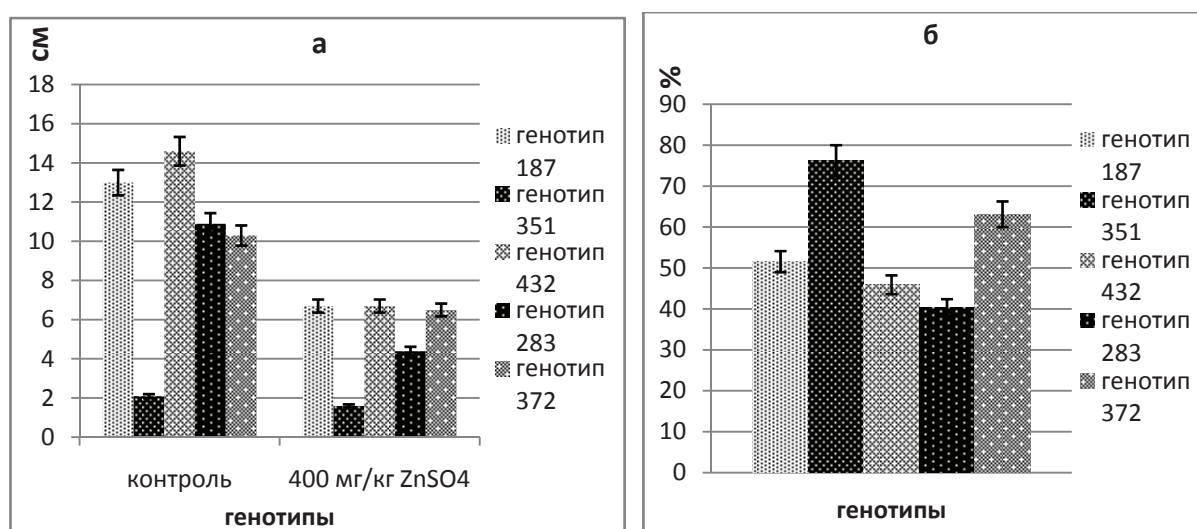
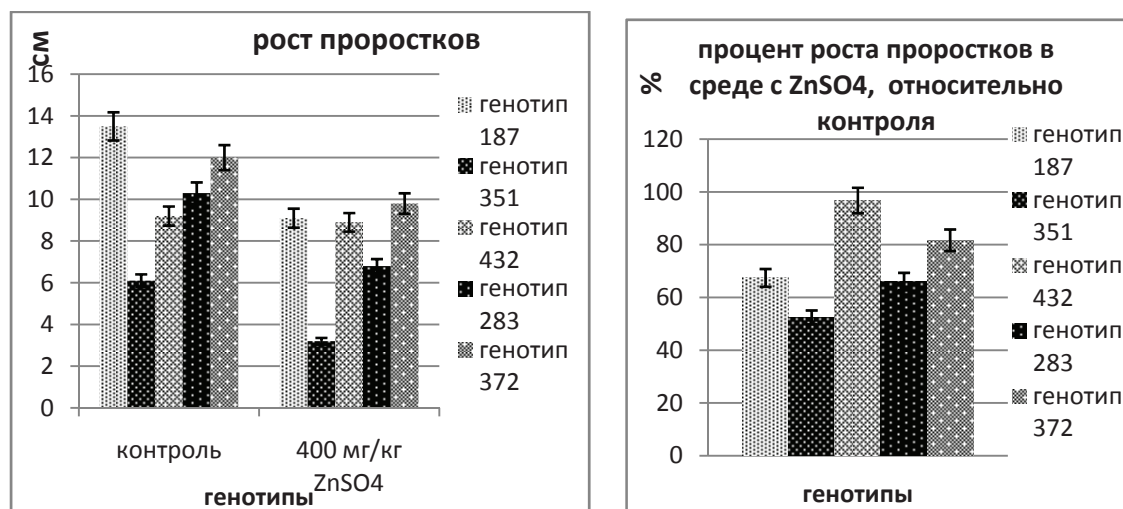


Рисунок 3 – Рост корней различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли цинка в концентрации 400 мг/кг:
а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

Таблица 2 – Индекс толерантности корней различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли цинка

Условия опыта	Генотип 187	Генотип 351	Генотип 432	Генотип 283	Генотип 372
400 мг/кг ZnSO ₄	0,52	0,76	0,46	0,40	0,63

**Рисунок 4** – Рост надземных органов различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли цинка в концентрации 400 мг/кг: а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

Выводы

По результатам исследования устойчивости корней и надземных органов к действию обоих изучаемых тяжелых металлов можно сделать вывод, что генотип № 432 устойчив к транслокации кадмия и цинка в надземные органы. Такие генотипы, как № 432 и № 187, которые проявили устойчивость к транслокации кадмия в надземные органы, и № 432 и № 372, проявившие устойчивость к транслокации цинка, можно рекомендовать для дальнейших исследований в полевых условиях. Дальнейшее изучение

в полевых условиях физиолого-генетических характеристик различных сортов озимой пшеницы в условиях произрастания на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, позволит охарактеризовать наиболее урожайные и устойчивые к неблагоприятным условиям перезимовки и летней вегетации генотипы, которые в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами способны сохранять продуктивность и устойчивость к неблагоприятным метеорологическим условиям среды и в тоже время не будут накапливать тяжелые металлы в товарной части растений.

Литература

- 1 Гамзикова О.И., Барсукова В.С. Потенциал пшеницы по устойчивости к тяжелым металлам // Сиб. эколог. журн. – 1994. – № 3. – С. 245-251.
- 2 Гамзикова О.И. Генетический потенциал пшеницы по устойчивости к тяжелым металлам // Наука агропром. Комплексу Сибири : Матер. общ. собр. и науч. сесс. СО РАСХН, Абакан, 1-3 авг. 1996. – Новосибирск, 1996. – С. 32-34.
- 3 Гамзикова О.И. Использование генофонда высших растений – эффективный подход к решению экологических проблем // Генет. ресурсы и эффектив. методы создания нов. селекц. матер. с.-х. раст.: Тез.докл. генет.-селекц. шк., Новосибирск, 12-17 дек. 1994. – Новосибирск, 1994. – С. 13-14.
- 4 Хлебцова Л.П., Шлецер И.А. Создание клеточных линий пшеницы, устойчивых к воздействию ионов никеля

- 5 Молчан И.М. Селекционно-генетические аспекты снижения содержания экотоксикантов в растениеводческой продукции // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 1. – С. 55-66.
- 6 Wilkins D.S. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytol. – 1978. – V. 80. – №3. – P. 623-633.

References

- 1 Gamzikova O.I., Barsukova V.S. Potencial pshenicy po ustojchivosti k tjazhelym metallam // Sib. jeolog. zhurn. – 1994. – №3. – S. 245-251.
- 2 Gamzikova O.I. Geneticheskij potencial pshenicy po ustojchivosti k tjazhelym metallam // Nauka agroprom. Kompleksu Sibiri : Mater. obshh. sobr. i nauch. sess. SO RASHN, Abakan, 1-3 avg. 1996. – Novosibirsk, 1996. – S. 32-34.
- 3 Gamzikova O.I. Ispol'zovanie genofonda vysshih rastenij – jeffektivnyj podhod k resheniju jeologicheskikh problem // Genet. resursy i jeffektiv. metody sozdaniya nov. selekc. mater. s.-h. rast.: Tez.dokl. genet.-selekc. shk., Novosibirsk, 12-17 dek. 1994. – Novosibirsk, 1994. – S. 13-14.
- 4 Hlebova L.P., Shlecer I.A. Sozdanie kletochnyh linij pshenicy, ustojchivyh k vozdejstvu ionov nikelja
- 5 Molchan I.M. Selekcionno-geneticheskie aspekty snizheniya soderzhanija jekotoksikantov v rastenievodcheskoj produkcii // Sel'skhozajstvennaja biologija. – 1996. – № 1. – S. 55-66.
- 6 Wilkins D.S. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytol. – 1978. – V. 80. – №3. – R. 623-633.