

УДК 633.11:504.5-03:581.1

Р.А. Алыбаева*, С.С. Кенжебаева,
С.Д. Атабаева, А.С. Садырбаева, А.Д. Сербаета,
Г.Ж. Биеттлоа

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

*E-mail: raya_aa@mail.ru

Скрининг генотипов озимой пшеницы на устойчивость к избытку в среде меди и свинца

Одной из составляющих экологически чистых технологий является использование и создание техногенно-устойчивых сортов сельскохозяйственных культур. Для выявления устойчивых форм растений проводился скрининг различных генотипов пшеницы на металлоустойчивость. Исследовалось влияние свинца и меди на ростовые параметры проростков различных генотипов пшеницы, выращенных на питательной смеси, содержащей в избытке ионы этих металлов. В лабораторном эксперименте показана различная ответная реакция проростков озимой пшеницы на условия выращивания. Выявлены наиболее устойчивые и чувствительные к действию свинца и меди генотипы. Различия между генотипами выявлены на уровне как корневой устойчивости, так и устойчивости к транслокации меди и свинца в надземные органы. Разные металлы вызывают различную ответную реакцию генотипов озимой пшеницы.

Ключевые слова: металлоустойчивость, озимая пшеница, загрязнение среды, медь и свинец, скрининг.

R.A. Alybayeva, S.S. Kenzhebayeva, S.D. Atabayeva, A.S. Sadyrbayeva,
A.D. Serbayeva, G.J. Bilyalova

Screening wheat genotypes for resistance to excess of copper and lead in the medium

One of the components of environmentally sound technologies is the use and creation of technologically resistant crop varieties. To identify sustainable forms of plants different wheat genotypes were screened for metal resistance. The influence of lead and copper on the growth parameters of different genotypes of wheat seedlings, grown in a nutrient mixture, containing in excess ions of these metals, was investigated. In a laboratory experiment different response of winter wheat seedlings to growing conditions was shown. Were identified the most stable and sensitive to the action of lead and copper genotypes. Differences between genotypes identified as on the root level of stability as well as resistance to translocation of copper and lead in surface organs. Different metals produce different response reaction of winter wheat genotypes.

Ключевые слова: металлоустойчивость, озимая пшеница, загрязнение среды, медь и свинец, скрининг.

Р.А. Алыбаева, С.С. Кенжебаева, С.Д. Атабаева, А.С. Садырбаева,
А.Д. Сербаета, Г.Ж. Биеттлоа

Ортада мыстың және қорғасынның артығына күздік бидай генотиптерінің төзімділігі бойынша скрининг

Экологиялық таза технологияларды құрушылардың бірі болып ауылшаруашылық дақылдарының техногенді – төзімді сорттарын жасау және пайдалану болып табылады. Өсімдіктердің төзімді формаларын анықтау үшін бидайдың әртүрлі генотиптерінің металға төзімділігіне скрининг жүргізілді. Осы металдардың иондары жинақталған қоректік ортада өсірілген бидайдың әртүрлі генотиптерінің өсу параметрлеріне мыстың және қорғасынның әсері зерттелді. Зертханалық та-

жірибелерде күздік бидай өскіндерін өсіру жағдайында әртүрлі жауапты реакциялар көрсетілді. Мыс пен қорғасынның әсеріне анағұрлым төзімді және сезімтал генотиптері анықталды. Генотиптер арасындағы мыс пен қорғасынға төзімділігінің айырмашылықтары тамырларының және жерүсті мүшелерінің деңгейінде анықталды. Әртүрлі металдар күздік бидай генотиптеріне әртүрлі әсер ететіні анықталды.

Түйін сөздер: металға төзімділік, күздік бидай, қоршаған ортаның ластануы, мыс және қорғасын, скрининг.

Быстрая индустриализация, происходящая в последние десятилетия, сопровождается негативными воздействиями на окружающую среду. Особую опасность среди загрязнителей окружающей среды представляют экотоксиканты – тяжелые металлы и их соединения, пестициды и радионуклиды [1, 2]. Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными [3]. Основная масса поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственные экосистемы, и в первую очередь в почву, происходит с выбросами предприятий промышленности, транспорта, а также при использовании удобрений и пестицидов [4, 5, 6]. В этих условиях производство продовольственного зерна требует принятия мер для снижения такого негативного воздействия, а оценку его качества следует проводить не только по общепринятым показателям (белок, клейковина и др.), но и по содержанию тяжелых металлов, многие из которых токсичны для животных и человека [7].

Исследованиями ряда авторов показано, что отдельные сорта различных видов продовольственных культур проявляют существенные различия по устойчивости к действию почвенных загрязнителей, что указывает на возможность управления признаками техногенной устойчивости селекционным методом [8, 9]. Создание толерантных к загрязнителям сортов является составной частью проблемы общего гомеостаза и адаптивной превентивной селекции. На первой стадии этого процесса необходимо изучение генофонда культурных и дикорастущих растений и выделения доноров, накапливающих минимальное количество экотоксикантов в товарной части урожая [8].

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 то же 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 метеорологическим условиям окружающей среды металлоустойчивые генотипы 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 0,1 мМ CaSO_4 , ионы Cu в концентрации 400 мг/л (в виде соли CuSO_4) или ионы Pb в концентрации 400 мг/л (в виде соли $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$). 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 расчленили на надземную часть и корни. Измеряли длину корней и надземных органов. Индекс толерантности, или Коэффициент Уилкинса, вычисляли по формуле: $I_t = I_{\text{mc}} / I_c$, где I_{mc} – прирост корней на растворе с исследуемым металлом, I_c – прирост корней на растворе без металла [10].

Результаты и их обсуждение

Изучение влияния меди и свинца на ростовые параметры проростков пшеницы показало, что ионы меди и свинца подавляют рост растений (рисунок 1, 2).

Судя по росту корней, наиболее устойчивы к действию меди оказались генотипы № 187, № 372, № 432 (рисунок 1). У этих генотипов рост

корней ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Наиболее неустойчивым к неблагоприятному действию кадмия оказался генотип № 351, среднюю устойчивость к воздействию ионов кадмия показал генотип №283.

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

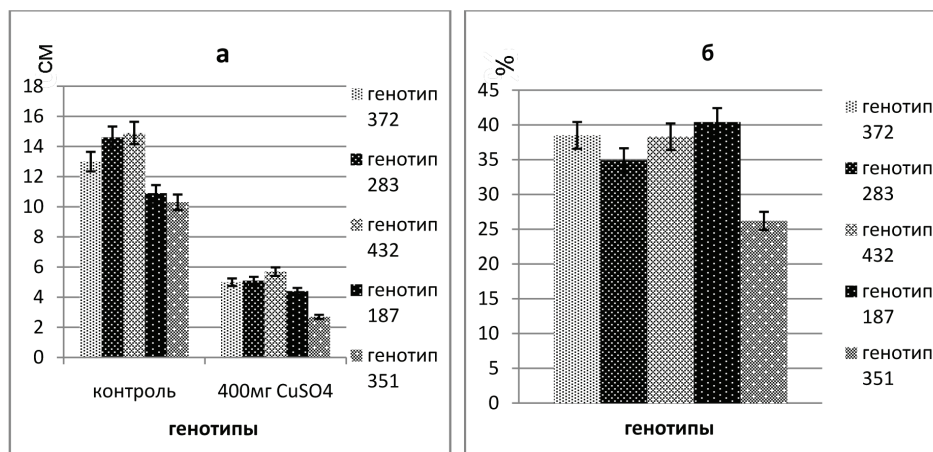


Рисунок 1- Рост корней различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли меди в концентрации 400 мг/кг:
а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

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

Условия опыта	Генотип 372	Генотип 283	Генотип 432	Генотип 187	Генотип 351
400 мг/кг CuSO ₄	0,39	0,35	0,38	0,4	0,26

Таким образом, по результатам исследования роста корней при различных концентрациях меди в среде выращивания и индекса толерантности можно выделить генотипы № 187, № 372, № 432 как генотипы с наиболее устойчивой корневой системой к неблагоприятному действию меди.

Судя по росту надземных органов, наиболее устойчивыми к действию меди оказались генотипы № 187 и 432 (рисунок 2).

У этих генотипов рост надземных органов ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Наиболее неустойчивым к неблагоприятному действию меди оказался генотип № 351. У генотипов № 372 и № 283 рост надземных органов не так значительно тормозится, как

у генотипа № 351.

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

Судя по росту корней, наиболее устойчивым к действию свинца оказался генотип № 187 (рисунок 3). У этого генотипа рост корней ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Наиболее неустойчивым к неблагоприятному действию свинца оказались генотипы № 372 и № 351, у них рост корней значительно

тормозится. У генотипов № 283 и № 432 рост корней тормозится в средней степени по сравнению с остальными генотипами.

Коэффициент Уилкинса, или индекс толерантности, наибольший у генотипа № 187. Средние значения индекса толерантности у генотипов № 432 и № 283. Наименьшие значения индекса толерантности у генотипов № 372 и № 351 (таблица 2).

Таким образом, по результатам исследования роста корней при различных концентрациях свинца в среде выращивания и индекса толе-

рантности можно выделить генотип № 187 как генотип с наиболее устойчивой корневой системой к неблагоприятному действию свинца.

Судя по росту надземных органов, наиболее устойчивым к действию свинца оказался генотип № 187 (рисунок 4). У этого генотипа рост надземных органов ингибируется в меньшей степени, чем у остальных генотипов. Менее устойчивыми к неблагоприятному действию свинца оказались генотипы № 283 и № 432. Наименее устойчивым к действию высокой концентрации цинка оказались генотипы № 372 и № 351.

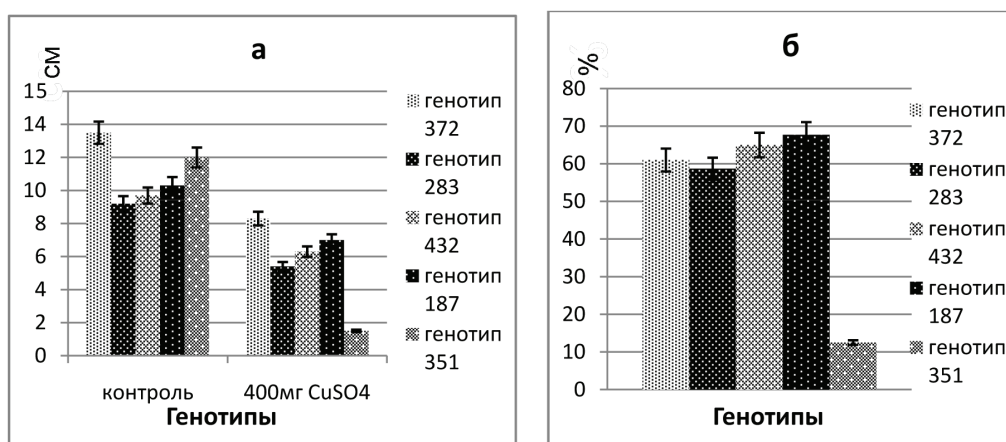


Рисунок 2- Рост надземных органов различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли меди в концентрации 400 мг/кг:
а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

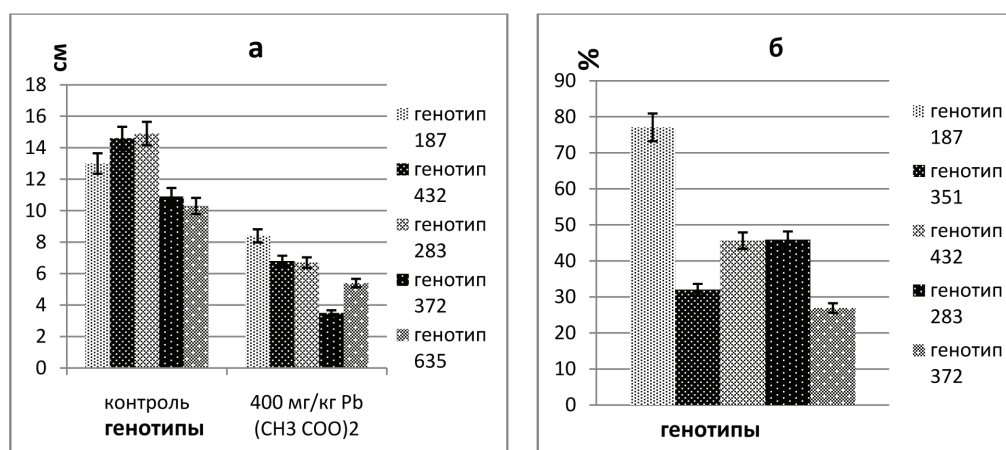


Рисунок 3 – Рост корней различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли свинца в концентрации 400 мг/кг:
а – рост корней, б – процент роста корней относительно контроля

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

Условия опыта	Генотип 187	Генотип 351	Генотип 4432	Генотип 283	Генотип 372
400 мг/кг Pb (CH ₃ COO) ₂	0,77	0,32	0,46	0,46	0,27

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

По результатам исследования устойчивости корней и надземных органов к действию обоих изучаемых тяжелых металлов можно сделать вывод, что генотип № 187 устойчив к транслокации как меди, так и свинца в надземные органы. Такие генотипы, как № 187 и 432, проявившие

устойчивость к транслокации меди в надземные органы, и № 187, № 283 и № 432, проявившие устойчивость к транслокации свинца, 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 продуктивные и устойчивые к неблагоприятным климатическим условиям среды, но в то же время металлоустойчивые генотипы озимой пшеницы.

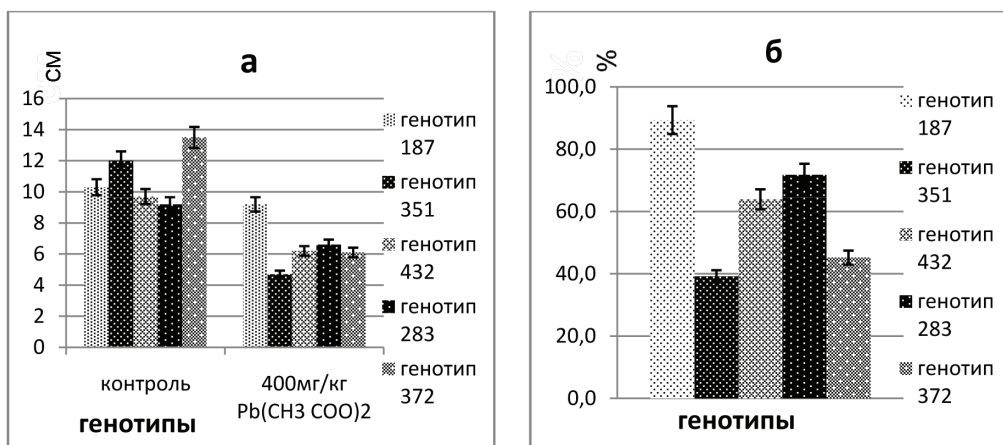


Рисунок 4 – Рост надземных органов различных генотипов озимой пшеницы при внесении в среду выращивания соли свинца в концентрации 400 мг/кг:

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

Литература

- 1 Соколов В.Е., Бочаров Б.В., Криволицкий Д.А. Экоотоксикация и проблемы защиты окружающей среды от загрязнений // Экоотоксикология и охрана природы. – М., 1988. – С. 4-19.
- 2 Давыдов С.А., Тагасова В.Т. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М., 2002. – 140 с.
- 3 Wood J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment // Science. – 1974. – V. 183. – P. 1049-1059.
- 4 Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы и человек. – М., 1976. – 72с.
- 5 Колесников СИ., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. – Ростов-на-Дону, 2000. – 231с.
- 6 Тяжелые металлы в системе почва – растения – удобрение / под общ. ред. М.М. Овчаренко. – М., 1997. – 290 с.
- 7 Соколов О.А., Черников В.А. Экономическая безопасность и устойчивое развитие // Кн.1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. – Пушино, 1999. – 164 с.
- 8 Молчан И.М. Селекционно-генетические аспекты снижения содержания экотоксикантов в растениеводческой продукции. // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 1. – С. 55-66.

- 9 Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск, 1991. – 150 с.
- 10 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 Sokolov V.E., Bocharov B.V., Krivoluckij D.A. Jekotoksikacija i problemy zashhity okružhajushhej sredy ot zagrjaznenij // *Jekotoksikologija i ohrana prirody.* – M., 1988. – S. 4-19.
- 2 Davydov S.A., Tagasova V.T. Tjazhelye metally kak supertoksikanty XXI veka. – M., 2002. – 140 с.
- 3 Wood J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment // *Science.* – 1974. – V. 183. – P. 1049-1059.
- 4 Bondarev L.G. Landshafty, metally i chelovek. – M., 1976. – 72s.
- 5 Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Jekologicheskie posledstvija zagrjaznenija pochv tjazhelymi metallami. – Rostov-na-Donu, 2000. – 231s.
- 6 Tjazhelye metally v sisteme pochva – rastenija – udobrenie / pod obshh. red. M.M. Ovcharenko. – M., 1997. – 290 s.
- 7 Sokolov O.A., Chernikov V.A. Jekonomicheskaja bezopasnost' i ustojchivoe razvitie // *Kn.1. Atlas raspredelenija tjazhelyh metallov v ob#ektah okružhajushhej sredy.* – Pushhino, 1999. – 164 s.
- 8 Molchan I.M. Selekcionno-geneticheskie aspekty snizhenija sodержanija jekotoksikantov v rastenievodcheskoj produkcii. // *Sel'skoxozjajstvennaja biologija.* – 1996. – № 1. – С. 55-66.
- 9 Il'in V.B. Tjazhelye metally v sisteme pochva-rastenie. – Novosibirsk, 1991. – 150 s.
- 10 Wilkins D.S. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // *New Phytol.* – 1978. – V. 80. – №3. – P. 623-633.