

Шүлембаева К.К.,
Даулетбаева С.Б.,
Токубаева А.А., Чунетова Ж.Ж.,
Жунусбаева Ж.К.

Селекционно-генетическое исследование мягкой пшеницы

Shulembaeva K.K.,
Dauletbaeva S.B.,
Tokubayeva A.A.,
Chunetova Zh.Zh.,
Zhunusbaeva Zh.K.

Breeding and genetic research of soft wheat

Шүлембаева К.Қ.,
Даулетбаева С.Б.,
Токубаева А.А., Чунетова Ж.Ж.,
Жүнісбаева Ж.Қ.

Жұмсақ бидайдың селекциялық-генетикалық зерттеу

Получены высокопродуктивные, устойчивые к бурой ржавчине и с хорошим качеством зерна изогенные линии – ИЛ-Нг, ИЛ-ВгНг и ИЛ-Рс. Показатели продуктивности колоса и масса 1000 зерен линии ИЛ-Нг достоверно превышают значения контрольного сорта. Дикие виды в качестве материнского компонента благоприятно влияют на высокий процент завязывания зерен. Геном сорта Надежда высоко-совместим с геномами диких видов по сравнению с другими сортами пшеницы. Для гибридов, полученных от скрещивания t.timopheevi с мягкой пшеницей, характерно гетероплазматическое состояние: одновременно присутствуют копии дикого и пшеничного типов. Действием химического соединения – $CdCl_2$ на сорта мягкой пшеницы получены измененные растения по ряду качественных и количественных признаков. Генетический анализ, проведенный на основе реципрокного скрещивания, показал, что измененные признаки мутантов наследуются независимо от направлении скрещивания.

Ключевые слова: мутагенез, изогенные линии, замещенные линии пшеницы, селекция, отдаленная гибридизация, сорт.

Obtained highly productivity, resistance to leaf rust and good quality grain isogenic lines IL-Hg, IL-BgHg and IL-Pc. Indicators of spike productivity and weight of 1000 grains of line IL-Hg was significantly higher than those of control variety. Wild species as the parent component favorably affect a high percentage of tying grains. Genome of “Nadezhda” variety is highly compatible with genomes wild species compared with other varieties of wheat. Hybrids obtained by crossing t.timopheevi with soft wheat have heteroplasmic state: simultaneously present copies of wild and wheat types. Obtained modified plants on a number of qualitative and quantitative traits under the action of a chemical compound – $CdCl_2$ on varieties of soft wheat. Genetic analysis carried out on the basis of reciprocal crosses showed that modified traits of mutants are inherited independently of direction of crossing.

Key words: mutagenesis, isogenic lines, substitution of chromosomes of wheat, selection, distant hybridization, variety.

Жоғары өнімді, қоңыр тат ауруына төзімді және дәндер сапасы жоғары ИЛ-Нг, ИЛ-ВгНг, ИЛ-Рс изогенді линиялары алынды. ИЛ-Нг линиясының масақ өнімділігі мен 1000 дән массасы бақылау сортымен салыстырғанда жоғары көрсеткішті көрсетті. Жұмсақ бидайды жабайы түрлермен будандастырған кездегі будандардың фертильділігі шағылыстыру бағытына және сорттың генотипіне тәуелді екендігі анықталды. Бидайдың Надежда сортының геномы басқа сорттармен салыстырғанда жабайы түрлердің геномдарымен жоғары үйлесімділігі анықталды. Жұмсақ бидайды T.timopheevi-мен будандастыру нәтижесінде алынған будандарға гетероплазматикалық жағдай тән: жабайы және бидай типтерінің бірдей көрінуі.

Жұмсақ бидай сортына $CdCl_2$ - химиялық қосылысын әсер ету арқылы сапалық және сандық белгілері бойынша өзгерген өсімдіктер алынды. Генетикалық талдау барысында реципрокты будандастыру негізінде жүргізілген мутанттардың белгілерінің тұқымқуалауы будандастыру бағытына тәуелді еместігін көрсетті.

Түйін сөздер: мутгенез, изогенді линиялар, бидайдың хромосомалары ауысқан линиялары, селекция, алшақ будандастыру, сорт.

СЕЛЕКЦИОННО- ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Введение

Повышение урожайности пшеницы путем улучшения ее генотипа – одна из актуальных проблем сельского хозяйства. В настоящее время с использованием традиционных методов селекционно-генетических исследований, таких, как беккроссная селекция, отдалённая гибридизация, экспериментальный мутагенез, повышается результативность получения генетически измененных и улучшенных форм пшеницы. Среди них важное место занимают комплекты изогенных линий, созданные методом возвратных насыщающих скрещиваний на основе единого генотипа и маркированные по различным генам [1].

Изогенные линии являются удобным объектом для генетических и селекционных исследований. Главным достоинством этих линий является высокое генотипическое сходство их между собой и с реципиентным генотипом, что позволяет определить вклад маркирующего признака в формирование урожая пшеницы и применять в качестве удобных доноров хозяйственно-ценных признаков [2, 3].

Использование индуцированного мутагенеза показало высокую эффективность по получению форм, полезных для селекции признаками [1]. Известно, что при оптимальном сочетании мутагена, его доз и исходного сорта мягкой озимой пшеницы было выделено значительное количество мутантов, устойчивых к видам ржавчины до 14-16% по отношению ко всем выделенным мутантам. Мутантные формы оказались устойчивыми к двум или нескольким фитопатогенам. На этом фоне обнаружены другие ценные мутантные признаки: высокое адаптивное свойство, высокий урожай, высокое хлебопекарное качество, устойчивость к полеганию [2, 3]. Химические мутагены являются эффективным средством формообразовательного процесса у пшеницы и получения селекционно-значимых отклонений [2]. Методом химического мутагенеза получены качественно новые формы, например карликовые и ультраскороспелые мутанты у пшеницы, устойчивые к грибковым заболеваниям формы растений, высоколизиновые и высокопродуктивные мутанты [3]. Приведенные факты свидетельствуют о том, что полученные с помощью химических мутагенов му-

танты могут успешно служить родоначальниками новых высокопродуктивных сортов. Однако получение мутантов и их изучение – это только первый этап селекционной работы. Более важным является использование мутантов в гибридизации с целью получения положительных трансгрессий. Гибридизация дает возможность для более полного использования мутаций в селекции пшеницы [4-8].

Одним из основных методов создания новых сортов, обладающих хозяйственно-ценными признаками, и в первую очередь, устойчивы к болезням ржавчины пшеницы, является отдаленная гибридизация. Для устранения эффекта стерильности гибридов к настоящему времени разработаны методы, облегчающие перенос генов от отдаленных видов пшеницы [9-10]. Одни из них основаны на методах хромосомной инженерии, другие – на методах генетического контроля мейотической рекомбинации, третьи – на методах геномной инженерии.

Целью работы является получение серии морфологически маркированных изогенных линий, мутантов с хозяйственно-ценными признаками, отдаленных и внутривидовых гибридов пшеницы и их селекционно-генетический анализ.

Материалы и методы

Объектами исследования служили сорт яровой мягкой пшеницы Казахстанская-126 (*Triticum aestivum* L. var. *ferrugineum* Al.) и серия моносомных линий сорта Казахстанская-126. Сорта Надежда, Казахстанская-4, дикорастущие сороричи *t. timopheevii*, *t. dicoccum*, *t. kiharae*. мутанты М1-М3, полученные при обработке $CdCl_2$ 4 сортов яровой мягкой пшеницы местной селекции – Шагала, Казахстанская-3, Женис, Лютесценс-32. В ходе эксперимента были использованы следующие методы исследования: цитогенетический, гибридологический, статистический и морфологический.

Результаты и их обсуждение

Произведена обработка семян пшеницы районированных сортов Надежда и Казахстанская-126 химическим соединением – фосфорной кислотой (H_3PO_4) в 5-10% концентрациях водного вещества. Для этого выбраны различные концентрации – 0,01; 0,1 и 0,5%. Сравнительное изучение влияния различных концентраций фосфорной кислоты показало, что высокое содержа-

ние химического соединения – 5% установлена как оптимальная концентрация данного вещества по изучению онтогенеза и активности деления клеток корневой зародышевой меристемы пшеницы. Влияние химических соединений изучалось ранее в исследованиях различного направления. Однако генетические основы изменения и реакция растений на действие этих соединений не изучены.

Фенологическое наблюдение показало, что высокое содержание моно фосфора (5%) приводит к слабому мутагенному эффекту, а его 0,1% концентрация способствует развитию биомассы. Слабый мутагенный эффект 5% концентрации, по-видимому, связан с сильным подкислением реакции рН среды. Это доказано некоторыми абберациями хромосом в митозе и нарушениями мейоза у растений, обработанных H_3PO_4 . Митоз у мутантных растений сопровождалось массовым слипанием хромосом (пикноз), смещением веретена деления метафазной пластинки.

Проведенный структурный анализ элементов продуктивности изогенных линий позволил выделить три линии – ИЛ-Нг, ИЛ-ВгНг и ИЛ-Рс, отличающиеся достоверным превышением показателей продуктивности колоса и массы 1000 зерен в сравнении с контрольным сортом Казахстанская-126 и другими линиями.

Изогенная линия ИЛ-Нг с опушенным колосом, морфологически хорошо тестируется в период колошения и имеет более насыщенный цвет колосковой чешуи по сравнению с контролем. Показатели продуктивности колоса и масса 1000 зерен линии ИЛ-Нг достоверно превышают значения контрольного сорта (таблица 2). Длина колоса в среднем составила $13,0 \pm 0,2$ см с числом колосков $20,0 \pm 0,4$. Количество зерен в главном колосе $63,2 \pm 1,0$ шт. с массой $2,9 \pm 0,1$ г. Зерно средней крупности, овальное с неглубокой бороздкой. Среднее значение массы 1000 зерен составило $48,1 \pm 1,4$ г в сравнении с контролем – $44,7 \pm 0,7$ г.

Изогенная линия ИЛ-ВгНг имеет опушенный черный колос. Средний показатель длины колоса линии ИЛ-ВгНг составил $13,1 \pm 0,1$ см. Количество колосков в среднем – $20,0 \pm 0,1$ шт. с числом зерен $65,4 \pm 0,2$ шт., что достоверно превышает контроль. Зерно средней крупности, бороздка не глубокая. Масса 1000 зерен линии ИЛ-ВгНг значительно превысила показатели контроля и составила $49,7 \pm 0,3$ г ($P < 0,001$).

Наблюдаемое превышение показателей продуктивности колоса у линий ИЛ-ВгНг и ИЛ-Нг возможно обусловлено наличием доминантного

аллеля опушения колосковой чешуи *Hg* у этих линий.

Увеличение среднего веса зерна у изогенной линии ИЛ-Рс подтверждается улучшением налива зерна. Это, возможно, связано с повышением продуктивности фотосинтеза, обусловленного интенсификацией этого процесса у антоцианосодержащих растений.

Межвидовая гибридизация. Тетраплоидный эндемичный вид *Triticum timopheevii* Zhuk. (геномная формула A⁴A⁴GG) характеризуется уникальным пулом генов, контролирующих устойчивость ко многим заболеваниям пшеницы. Создание и интенсивное вовлечение в селекционный процесс доноров мягкой пшеницы с эффективными *Lr*-генами устойчивости, переданными от дикорастущих сородичей, могло бы значительно расширить ее генетическую основу по тем или другим хозяйственно-ценным признакам. Однако, несмотря на определенные трудности (стерильность гибридов и цитологическая нестабильность), в литературе имеются сведения о переносе ряда генов, устойчивых к бурой стеблевой ржавчине, мучнистой росе от *T. timopheevii* к мягкой пшенице [3].

В наших исследованиях уровень совместимости *t. timopheevii* с мягкой пшеницы сорта Надежда был относительно высок и в среднем составил 62,63%, к-2780 – 40,67%, а в реципрокном скрещивании процент удаchi в гибридном потомстве резко падает – 15,28% и 10%, соответственно. У гибридов F₁ (*t. timopheevi* × к-2780) из 150 – 61%, а в реципрокном скрещивании из 56 опыленных цветков завязалось всего 10% зерна.

Результаты скрещиваемости гибридных потомств F₁ с участием дикого вида *t. dicoccum* с мягкой пшеницей была аналогична результатам предыдущих комбинаций, выполненных с *t. timopheevi*. Гибриды мягкой пшеницы с *t. kiharae* менее результативные, чем гибриды с предыдущими комбинациями. Однако и в этом случае наблюдается резкое падение процента удаchi по сравнению с теми комбинациями, где материнской формой взята *t. kiharae*. Процент удаchi в прямом скрещивании варьировало от 54,54% до 40,47%, а в обратном – от 28,05% до 8,33%. Такое разнообразие показателей можно объяснить генотип-средовыми условиями выращивания растений. Для гибридов, полученных от скрещивания *t. timopheevi* с мягкой пшеницей, характерно гетероплазматическое состояние: одновременно присутствуют копии

дикого (материнского) и пшеничного (отцовского) типов.

Генетический анализ мутантов пшеницы. Химический мутагенез в селекции растений используется как эффективный метод для расширения изменчивости исходного материала. В мировой литературе имеется достаточно сведений о создании коммерческих сортов, полученных на основе экспериментального мутагенеза. Для использования отобранных мутантов в селекционном процессе необходимо изучить их генетическую природу. Для этого в генетических исследованиях используются два метода: анализирующее и реципрокное скрещивание.

Анализирующее скрещивание. С целью установления природы возникших мутационных изменений по количественным признакам использовали реципрокное скрещивание между исходной формой и полученным на ее основе мутантом с последующим анализом гибридов F₁. В наших исследованиях в поколении M₂ измененные растения по ряду количественных и качественных признаков сохранили свойства, проявленные в M₁. Для установления гомо- и гетерозиготности генотипа мутантных растений проводили анализирующее скрещивание с исходным сортом.

Мутантные формы с признаками антоциановой окраски стебля, опушением листовой поверхности, удлинением колоса скрещивались с исходным сортом Казахстанская-3. В BC₁ расщепление признаков на измененные и нормальные соответствовало соотношению 1:1, а в F₂ 3:1 ($\chi^2 = 1,89$). Такие же результаты получены с мутантом сорта Шагала по признакам антоциановой окраской стебля и пазухи листа. У гибридов BC₁ и F₂ наблюдали расщепления по признакам удлинения стеблевых и нормальных узлов в отношении 1:1 и 3:1 соответственно, что свидетельствует о гетерозиготной природе мутанта и моногенном наследовании этого признака.

Напротив, расщепление по продуктивной кустистости, длине и плотности колоса в BC₁ соответствовало 3:1, а в популяции F₂ – 15:1, 13:3 и 9:7, соответственно. Отсюда видно, что рассматриваемые признаки мутантной линии наследуются по полимерному, эпистатическому и комплементарному механизмам взаимодействия неаллельных генов. Отсюда видно, что реакция растений на действие химических соединений зависит от генотипа изучаемой пшеницы.

Литература

- 1 Коваль С.Ф., Коваль В.С., Шаманин В.П. Изогенные линии пшеницы. – Омск, 2001. – 152 с.
- 2 Крупнов В.А., Воронина С.А., Лобачев Ю.В. Изогенные линии пшеницы Саратовского селекционного центра // Генетические коллекции растений: сб. – Новосибирск, 1994. – Вып. 2. – С. 165-209.
- 3 Tsujimoto H. Production of near-isogenic lines and marked monosomic lines in common wheat (*Triticum aestivum*) cv. Chinese Spring // *The Journal of Heredity*. 2001. – N 92 (3). – P. 254-259.
- 4 Дунаева М.В., Клячко Н.Л. Сравнительное исследование влияния химических соединений на пшеницу // Физиология растений. – 2002. – Т. 39, Вып. 1. – С. 151-156.
- 5 Образцов А.С. Биологические основы селекции растений. – М.: Колос, 1981. – С. 271.
- 6 Володин В.Г., Фомина Ж.Н., Авраменко Б.И. Синтетические популяции мутантов растений. – Минск, 1990. – С. 94.
- 7 Ватаманюк Г.Г., Жучико Л.В., Бразицкий А.В. Радиационный мутагенез кукурузы // Применение физических и химических мутагенных факторов в селекции и генетике полевых культур: межвуз. сб. науч. ст. – Кишинев: КСХИ, 1985. – С.45 – 48.
- 8 Tulmann N.A., Camargo C.E.O., Alves M.C., Petinelli J.A., Ferreira F.A. Plant height reduction and disease resistant in Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar JAC – 18 by gamma radiation – induced mutations // *Rev. bras. Genet.* – 1996. – P. 275-281.
- 9 Тимонова Е.М., Леонова И.Н., Белан И.А., Россева Л.П., Салина Е.А. Влияние отдельных участков хромосом *Triticum Timopheevii* на формирование устойчивости к болезням и количественные признаки // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Том 16, № 1. – С. 142-159.
- 10 Aksyonova E., Sinyavskaya M., Danilenko N. et al. **Heteroplasmy and paternally oriented shift of the organellar DNA composition in barley-wheat hybrids during backcrosses with wheat parents** // *Genome*. – 2005. – Vol. 48. – P. 761–769.

References

- 1 Koval' S.F., Koval' V.S., Shamanin V.P. Izogennye linii pshenicy. – Omsk, 2001. – 152 s.
- 2 Krupnov V.A., Voronina S.A., Lobachev Ju.V. Izogennye linii pshenicy Saratovskogo selekcionnogo centra // *Geneticheskie kolekcii rastenij*: sb. – Novosibirsk, 1994. – Vyp. 2. – S. 165-209.
- 3 Tsujimoto H. Production of near-isogenic lines and marked monosomic lines in common wheat (*Triticum aestivum*) cv. Chinese Spring // *The Journal of Heredity*. 2001. – N 92 (3). – P. 254-259.
- 4 Dunaeva M.V., Kljachko N.L. Sravnitel'noe issledovanie vlijaniya himicheskikh soedinenij na pshenicu // *Fiziologija rastenij*. – 2002. – T. 39, Vyp. 1. – S. 151-156.
- 5 Obrazcov A.S. Biologicheskie osnovy selekcii rastenii. – M.: Kolos, 1981. – S. 271.
- 6 Volodin V.G., Fomina Zh.N., Avramenko B.I. Sinteticheskie populjacie mutantov rastenij. – Minsk, 1990. – S. 94.
- 7 Vatamanjuk G.G., Zhuchiko L.V., Brazickij A.V. Radiacionnyj mutagenез kukuruzy // *Primenenie fizicheskikh i himicheskikh mutagennykh faktorov v selekcij i genetike polevyh kul'tur*: mezhvuz. sb. nauch. st. – Kishinev: KSHI, 1985. – S.45 – 48.
- 8 Tulmann N.A., Camargo C.E.O., Alves M.C., Petinelli J.A., Ferreira F.A. Plant height reduction and disease resistant in Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar JAC – 18 by gamma radiation – induced mutations // *Rev. bras. Genet.* – 1996. – P. 275-281.
- 9 Timonova E.M., Leonova I.N., Belan I.A., Rosseva L.P., Salina E.A. Vlijanie ot del'nyh uchastkov hromosom *Triticum Timopheevii* na formirovanie ustojchivosti k boleznyam i kolichestvennye priznaki // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. – 2012. – Tom 16, № 1. – S. 142-159.
- 10 Aksyonova E., Sinyavskaya M., Danilenko N. et al. **Heteroplasmy and paternally oriented shift of the organellar DNA composition in barley-wheat hybrids during backcrosses with wheat parents** // *Genome*. – 2005. – Vol. 48. – P. 761–769.