

По обеспеченности сырым белком в фазу молочно-восковой спелости следует отметить пшеницу в компоненте со всеми бобовыми культурами. Пшенично-люпиновая смесь наряду с высокой урожайностью зеленой массы – 319 ц/га обеспечила так же высокий сбор сырого белка – 13,8 ц/га.

Наиболее высокий сбор сырого белка в зерне из зерновых культур обеспечили ячмень (6,71 ц/га) и пшеница (6,13 ц/га), из бобовых культур наиболее высокий этот показатель у люпина узколистного (9,59 ц/га). Зерно пшеницы отличается так же наиболее качественным аминокислотным составом.

Более высоким содержанием белка из зерновых отличается солома ячменя (2,40 ц/га), из бобовых культур – солома вики яровой (4,51 ц/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко, П.С. Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов / П.С. Авраменко [и др.]; под ред. П.С. Авраменко. – 2-е изд. – Минск: Ураджай, 1993. – 351 с.
2. Петербургский, А.П. Лабораторно-практические занятия для лаборантов агрохимлабораторий: учебное пособие для с.-х. проф.-техн. училищ / А.П. Петербургский, В.П. Замота. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1969. – 256 с.
3. Разумов, В.А. Массовый анализ кормов: справочник / В.А. Разумов; под ред. Ю.И. Раецкой [и др.]. – М.: Колос, 1982. – 176 с.
4. Саскевич, П.А. Интегрированная защита однолетних зернобобовых культур от вредителей, болезней и сорняков в Республике Беларусь: лекция для студентов агрономических специальностей / П.А. Саскевич [и др.]. – Горки 2003. – 14 с.
5. Яковчик, Н.С. Кормопроизводство. Современные технологии / Н.С. Яковчик; под ред. С.И. Плященко. – Барановичи: РУПП «Баранов. укрупн. тип.», 2004. – 278 с.

УДК:633.16:631[523+527]

СОЗДАНИЕ НОВОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯЧМЕНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУТОРЕКОМБИНОГЕННЫХ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

И.А. Епишко

ОАО «БрестАгроинторг»,
г. Брест, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 08.07.2014 г.)

Аннотация. Проведены исследования, направленные на создание оригинального исходного материала ячменя для селекции на продуктивность, иммунитет и качество, с применением индуцированного мутагенеза и рекомбинагенеза, воздействие которых привело к увеличению в среднем массы 1000 зерен более, чем на 10,3 грамма или на 22%, продуктивной кустистости с 2 до 6 стеблей на растение, длины колоса на 2,8 см или на 32% по сравнению с контрольным вариантом.

Summary. *Studies aimed at creation of original source material of barley for breeding for productivity, immunity and quality with the use of induced mutagenesis and recombination have been conducted. The impact of induced mutagenesis and recombination has led to an increase in average of weight of 1000 grains by more than 10.3 per gram, or 22%, productive bushiness from 2 to 6 stems of the plant, the length of the ear by 2.8 cm or by 32% in comparison with the control variant.*

Введение. Ячмень является одной из важнейших зерновых культур в мире, обеспечивающей продовольственную безопасность стран такой продукцией, как крупа, концентрированные корма (животноводческая и птицеводческая продукция) и безалкогольно-алкогольные напитки.

Несмотря на широкое использование интенсивных технологий возделывания, в последнее время наметилась тенденция стабилизации роста урожайности, снижение устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам.

В связи с этим жизненную актуальность приобретает вопрос более широкого использования новейших достижений генетики и биотехнологии в селекции ячменя на адаптивность и продуктивность.

Интенсивная селекция сельскохозяйственных культур на продуктивность, в частности ячменя, привела к резкому сужению генетического разнообразия создаваемых сортов [1]. Поэтому возникла настоятельная потребность в расширении генофонда ячменя за счет использования новых генетических источников и новых методов селекции, генетики и биотехнологии. В селекции ячменя на устойчивость к болезням перспективным является использование MAS метода (markerassistedselection), например, для детекции гена *mlo* как маркера устойчивости к данной болезни.

Цель работы – создание высокопродуктивных и адаптивных генотипов ячменя.

Материал и методика исследований. Для исследований были взяты районированные в Республике сорта ячменя и генетические источники ячменя с геном *Mlo*, характеризующиеся устойчивостью к мучнистой росе из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова.

Для реализации первого этапа исследования – создание высокопродуктивных и адаптивных генотипов ячменя – была проведена гибридизация, где в качестве материнских компонентов использовали высокопродуктивные сорта ячменя Дивосны, Гонар и Поспех, а в качестве отцовских образцы – К-24600, К-2930, К-24641 и ММС, обладающие, отдельными хозяйственно-ценными признаками и высоким качеством зерна. По каждой комбинации получали не менее 150 ги-

бридных зерновок, из 2/3 которых на 12-14 день после опыления извлекали незрелые зародыши и эксплантировали в условиях *in vitro* на модифицированную питательную среду Гамборга Р-8-Б-5 (вариант эксперимента – V). Высаженные зародыши культивировали в темноте при $t=25^{\circ}\text{C}$ в термостате до появления проростков, затем – в световой комнате при освещенности 10-12 клк. до появления 2-3 листьев и хорошо развитой корневой системы. Эмбриокультуру *in vitro* использовали для ускорения сроков получения гибридного поколения F_2-R_2 . Одну треть зерновок оставляли на материнских колосьях до полного созревания. Растения, полученные из этих зерновок без экспериментальных воздействий, представляли контрольный вариант – К.

Половина проростков, полученных в культуре *in vitro* и находящихся на стадии двух листочков (высота 6-9 см), подвергалась сенсibilизации с последующим облучением ультрафиолетом – УФ (вариант эксперимента – VC). Для сенсibilизации использовали композиционный состав: 5-БУ, БуДР, аминокбензосульфамид и ДМСО. Проростки длиной 6-9 см извлекали из пробирок и помещали на 1/3 их длины корнями вниз в сенсibilизирующий раствор на 22 часа при комнатной температуре. Затем их переносили в чашки Петри и облучали один час на лабораторной УФ-облучательной установке [2].

После облучения проростки отмывали 10 минут в проточной воде с последующей их высадкой в стаканчики с искусственной почвой «Биона 112» и дальнейшей культивацией в тепличных условиях. Гибель проростков при этом составила 5-8% в зависимости от генотипа.

Для выполнения второго этапа исследования была проведена гибридизация между лучшими УФ-рекомбинантами F_3 , созданными на генетической основе сорта ячменя Дивосны и генетическими источниками устойчивости к мучнистой росе К-30930-*mlo*, (Saloon) и К-30224-*Imlo*₁₀. Оценку их устойчивости к мучнистой росе проводили при искусственном заражении по методу M. Newton и V. Cherewick [3].

В фазу полной спелости был проведен биометрический анализ растений гибридных растений $F_1 F_2 F_3$ и их родительских форм по высоте и элементам продуктивности. Влияние факторов и генотипическую специфичность оценивали по депрессивно-стимуляционному действию на развитие (DSX) и изменчивость ($DS\delta^2$) количественных признаков: высоту растений и элементы продуктивности [4]. Для гибридных и рекомбинантных популяций рассчитывали показатели вариационного ряда [5], величину истинного гетерозиса или депрессии Γ -Дист. % в F_1 поколении [6], а также частоту проявления в F_2 поколении положительных трансгрессий и степень выраженности у них количественных признаков [7].

Параллельно с этим идентифицировали наличие гена *mlo* при помощи ПЦР диагностики в ген-источниках и устанавливали факт передачи этого гена созданным рекомбинантным формам методом ПЦР анализа. Выделение тотальной ДНК из индивидуально взятых растений проводили по методу Edwards [1] в модификации Дорохова [2]. Анализ материнских форм и гибридных комбинаций F₁ показал, что культура *in vitro* и УФ-облучение оказали достоверное депрессивно-стимуляционное действие, в зависимости от анализируемых признаков и генетического материала.

Биометрический анализ комбинаций по вариантам эксперимента показал, что самой высокорослой (95,3 см) была комбинация (Дивосных К-24641)-V, а самой низкорослой (59,5 см.) – (Поспехх ММС), вариант VC. По общей кустистости (7,3 стебля) выделилась комбинация Поспехх К-24641, а по продуктивной кустистости (6,7 стебля) – (Дивосных ММС), вариант VC. По длине колоса (9,0 см.) выделилась комбинация (Поспехх К-24641), вариант V, по числу зерен с колоса (26,9 шт.) – (Дивосных К-24641)-V. По массе зерна с колоса (1,6 г.) выделилась комбинация (Поспехх К-24600)-VC, а по массе зерна с растения (7,1 г.) – (Дивосны × ММС)-VC. По массе 1000 зерен выделилась комбинация Дивосных К-2930 (68,1 г).

Генотипическая специфика проявления гетерозисно-депрессивных эффектов у гибридов ячменя в F₁ поколении. Истинный гетерозис гибридов F₁ является наиболее объективным и корректным показателем селекционной ценности гибридов, по сравнению с гипотетическим и конкурсным гетерозисом, если, как в нашем случае, в качестве материнских форм берутся лучшие по урожайности, районированные и перспективные сорта.

Оценка уровня развития количественных признаков у гибридов F₁, созданных на генетической основе сорта Дивосны, показала, что генотипическая специфика их выраженности проявилась как в гетерозисных, так и в депрессивных эффектах, в зависимости от анализируемого признака и генетического материала.

Так, интегрирующая оценка гетерозисно-депрессивных эффектов, рассчитанная как усредненное значение по всем признакам в пределах каждого блока комбинаций с сортом Дивосны, показала наличие слабой депрессии: от 1,1% по блоку VC и 5,7% в контрольном блоке, до 8,5% по блоку V.

Интегрирующая оценка отрицательного гетерозиса (депрессии) по всем комбинациям с сортом Гонар в пределах каждого блока показала наличие средней величины депрессии от 8,7 и 9,5% по блоку V и VC, до сильной депрессии 25,2% в контрольном блоке.

Интегрирующая оценка гетерозисно-депрессивных эффектов в комбинациях с сортом Поспех в пределах каждого блока показала, что по контрольному и VC блоку наблюдалась депрессия 6,4 и 2,9% соответственно, а по блоку V – гетерозис 2,3%.

Интегрирующая оценка гетерозисно-депрессивных эффектов у гибридов F₁ в пределах контрольного блока показала, что лучшими компонентами скрещиваний были сорта Дивосны и Поспех, так как у гибридов с ними отмечена минимальная депрессия элементов продуктивности, а по крупности – значимый гетерозис. Сорт Гонар оказался не лучшим компонентом для создания гибридов, так как у них отмечена сильная депрессия по высоте растений и по элементам продуктивности.

Культура *invitro* оказала стимулирующее влияние на высоту растений, длину и массу зерна колоса, крупность зерна. На остальные признаки она оказала депрессивное влияние, а в целом показала интегрирующую легкую депрессию в развитии количественных признаков.

Среди гибридных комбинаций в блоке V, по интегрирующему показателю стимуляции-депрессии высоты растений и элементов продуктивности, в порядке очередности (возрастания) расположились комбинации, созданные с участием сорта Поспех (SX=2,3%), а затем – с сортами Дивосны и Гонар.

Наиболее благоприятное влияние культура *invitro* оказала на гибриды, созданные на генетической основе сорта Поспех. Относительно контрольного варианта, она оказала ингибирующее действие только на кустиность растений, все остальные признаки были стимулированы, и в целом данная культура вызвала довольно значимую их стимуляцию ($\Sigma SX=8,8\%$).

Сенсибилизация и УФ-облучение гибридных комбинаций вызвало сильную депрессию числа зерен (D=21,3%) и, вероятно, вследствие этого, сильную стимуляцию крупности зерна (S=16,3%). В целом наиболее сильной депрессии подверглись комбинации, созданные с сортом Гонар ($\Sigma DX=9,5\%$), а минимальной – с сортом Дивосны ($\Sigma DX=1,1\%$).

Относительно контрольного варианта сенсибилизация и УФ-облучение оказали ингибирующее действие только на продуктивную кустиность растений, все остальные признаки были стимулированы, и в целом они вызвали довольно значимую их стимуляцию ($\Sigma SX=9,1\%$). По сравнению с культурой *invitro* сенсибилизация практически не оказала никакого влияния ($\Sigma SX=0,4\%$), однако в отношении признаков специфичности влияние было достаточно значимым: от депрессии 15,2% по числу зерен, до стимуляции 11,3% по крупности зерен.

Среди комбинаций в блоке ВС минимальную депрессию количественных признаков имели комбинации, созданные с участием сортов Дивосны и Поспех, и существенную депрессию – комбинации с участием сорта Гонар.

Ультрафиолетовое облучение сенсibilизированных ювенильных растений не оказало существенного влияния на выраженность количественных признаков у гибридных растений по сравнению с вариантом *invitro*. В отношении конкретных признаков облучение привело к увеличению длины колоса при снижении его озерненности и к значительному возрастанию крупности зерна.

В селекции новых форм растений наиболее важным является второе гибридное поколение, так как в этом поколении реализуются все возможности и весь потенциал формообразовательного процесса. Интенсивность формообразовательного процесса может определяться средними значениями анализируемых признаков, еще более информативно – их дисперсией, но наиболее важным показателем для практической селекции является трансгрессивная изменчивость. Определяли трансгрессии только по основным элементам продуктивности, так как определение положительных и отрицательных трансгрессий по высоте для современных сортов ячменя не имеют смысла.

Анализ влияния культуры *invitro* на уровень развития и изменчивость признаков у сорта Дивосны показал, что под влиянием культуры *invitro* практически не произошло существенного изменения средних значений элементов продуктивности, но их изменчивость увеличилась на 20-44%. Максимальную вариационную изменчивость имели такие признаки, как продуктивная кустистость и масса зерна с растения, а минимальную – высота растений и масса 1000 зерен, причем культура *invitro* усиливала изменчивость этих признаков.

Сенсibilизация и УФ-облучение проростков ячменя сорта Дивосны привела к незначительному снижению средних значений изученных признаков, что можно объяснить физиологически депрессивным действием применяемых факторов. Однако при этом существенно возросла дисперсия признаков, что является очень важной предпосылкой для проведения эффективного отбора по улучшению селективируемых признаков.

Биометрический анализ сенсibilизированной популяции ячменя сорта Дивосны выявил наличие положительно-измененных форм. В популяции, полученной после культуры *invitro*, частота измененных по количественным признакам форм была крайне низка (0,3%), в то время как в облученной популяции частота и степень их была значима и достигала соответственно 6 и 5%.

Анализ гибридных популяций F₂, созданных на материнской основе сорта Дивосны с использованием культуры *in vitro*, показал, что средние значения признаков в популяциях от лучших родительских форм достоверно не отличались, хотя их дисперсия в ряде случаев существенно превышала аналогичный показатель контроля (таблица).

В результате анализа и оценки 4 гибридных популяций F₂ установлено, что культура *in vitro* незначительно меняет генетическую структуру гибридных популяций ни в отношении средних значений признаков, ни в отношении их изменчивости. Это является методической основой для использования эмбриокультуры *in vitro* как важного элемента селекционного процесса в целях его ускорения.

Таблица – Частота и степень проявления положительных трансгрессий в популяциях F₂

Комбинация и вариант опыта	Трансгрессий, %	Признаки					ΣX по признакам
		длина колоса	число зерен	масса зерна колоса	масса зерна растения	масса 1000 зерен	
Дивосных К-24641, V	Тч	5,6	4,77	5,7	3,8	5,7	5,12
	Тс	2,76	5,88	12,87	5,13	4,86	6,3
Дивосных К-24641, VC	Тч	7,47	8,41	9,35	5,6	8,4	7,86
	Тс	4,55	8,96	15,67	5,17	6,24	8,14
Дивосных К-24600, V	Тч	2,83	2,83	2,83	1,88	2,83	2,6
	Тс	3,42	6,47	10,28	6,45	6,54	6,6
Дивосных К-24600, VC	Тч	5,1	4,03	4,2	3,45	4,31	4,2
	Тс	4,52	7,78	11,46	7,73	7,45	7,8
Дивосных К-2930, V	Тч	3,77	3,78	3,78	3,78	4,72	4,0
	Тс	4,11	7,76	13,88	7,76	7,12	8,12
Дивосных К-2930, VC	Тч	6,69	7,7	6,7	5,76	8,65	7,3
	Тс	6,82	11,55	18,14	10,26	10,73	12,5
Дивосных ММС, V	Тч	5,11	4,07	4,17	2,81	4,21	4,1
	Тс	3,98	6,52	7,69	7,7	5,26	6,24
Дивосных ММС, VC	Тч	8,25	6,17	6,26	6,42	6,34	6,7
	Тс	7,45	9,07	10,15	10,88	10,86	9,7

Более значительные изменения отмечены в популяциях, полученных после сенсбилизации. Средние значения признаков в этих популяциях были на уровне или ниже контрольных, причем депрессия варьировала от незначительных величин до существенных – 10 и более процентов, что можно объяснить физиологическим последствием экспериментальных воздействий. Самое важное заключалось в том, что дисперсия по изученным признакам возросла от 8 до 88%, что является важной предпосылкой для проведения эффективного отбора по улучшению признаков.

Для верификации выявленного эффекта были определены частота и степень положительных трансгрессий в изученных гибридных

популяциях F_2 . Частота трансгрессий в популяциях, полученных через культуру *invitro*, как правило, существенно от контроля не отличалась, а в популяциях, полученных после сенсбилизации, резко возросла. Например, в популяции Дивосных×К-24641 максимальное значение частоты трансгрессий достигло 47%, а степени – 48%.

В целом интегрирующий показатель частоты и степени всех трансгрессий был максимальным в сенсбилизующей популяции и превышал аналогичные показатели контроля в 1,4 и 1,6 раза.

Так, если в популяции F_2 Дивосных К-24600, полученной через культуру *invitro*, интегрирующая частота положительных трансгрессий практически идентична контролю, а их степень более, чем на 10% выше, то в сенсбилизированной популяции частота трансгрессий возросла на 60,6%, а степень на 39,7%, что соответственно больше в 1,7 и 1,3 раза, чем в контроле.

Анализ контрольной популяции F_2 Дивосных ММС показал, что интегрирующая частота и степень положительных трансгрессий составила соответственно 3,9 и 7,6% (таблица). В популяции, полученной через культуру *invitro*, частота трансгрессий была практически идентична контролю, но степень их выраженности возросла на 6,6%, в то время как в сенсбилизированной популяции частота положительных трансгрессий была выше аналогичного показателя контроля на 87,2%, а степень выраженности – на 50,4%.

Если интегрирующее значение частоты и степени выраженности положительных форм в популяции, полученной через культуру *invitro*, существенно не отличается от контрольного варианта, ($SD_{T_c, T_c} = 0,9 - 4,6\%$), то в сенсбилизировано-облученной популяции эти значения соответственно составляют 60,4 и 47,0%, что в 1,6-1,5 раза выше аналогичных значений контрольного варианта.

Заключение. В результате исследований выявлены родительские формы (Дивосны и Пospех) и гибридные комбинации F_1 (Дивосных К-24641, Дивосных К-2930, Пospех× К-24641 и Пospех× К-24600), представляющие селекционную ценность, как обладающие минимальными депрессивными и максимальными гетерозисными эффектами по высоте растений и основным элементам продуктивности.

Использование эмбриокультуры *invitro* позволяет ускорить получение гибридов F_1 и зерен F_2 в два раза.

Сенсбилизация и УФ-облучение гибридов F_1 является эффективным способом усиления генетического разнообразия и индукции положительных трансгрессий, родоначальников новых селекционно-ценных форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литун, П.П. Принципы селекции гибридов кукурузы // Экологическая генетика, растений, животных, человека. Тез. докл. 2 науч. конф. – Кишинев, 1984. – 209–210 с.
2. Шишлов, М.П. Индуцированный мутагенез и рекомбиногенез сельскохозяйственных растений / М.П. Шишлов // Наука и инновации. – 2009. – №7. – 29-33 с.
3. Ригина, С.И. Изучение устойчивости ячменя к инфекционным заболеваниям / С.И. Регина // Автореф. дисс.на соиск. уч. степени к.б.н. Л.– 1996. – 19 с.
4. Шишлов, М.П. Индуцированный мутагенез и рекомбиногенез ячменя и овса / М.П. Шишлов – Минск: «ИВЦ Минфина», 2004. – 179 с.
5. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Наука и техника, 1973. – 229 с.
6. Гуляев, Г.В., Мальченко, В.В. Словарь терминов по генетике, цитологии, селекции и семеноводству / Г.В. Гуляев.– М. Россельхозиздат, 1975. – 216 с.
7. Воскресенская, Г.С., Шпота, В.И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методы количественного учета этого явления / Г.С. Воскресенская // Доклады ВАСХНИЛ. – 1967. – № 7. – 18-20 с.

УДК 633.853.494 «321»:631.89(476.6)

ЗАВЯЗЫВАЕМОСТЬ ПЛОДОВ ОЗИМОГО РАПСА И СОХРАНЯЕМОСТЬ ИХ К УБОРКЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРЕПАРАТА РАЙКАТ

Г.А. Жолик, А.М. Луковец

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 01.07.2014 г.)

Аннотация. Установлено положительное влияние стимулятора роста растений райкат на зимостойкость озимого рапса, завязываемость плодов и сохраняемость их к уборке. Наиболее значимое влияние на формирование продуктивности растения оказало применение препарата (райкат развитие) весной в начале бутонизации. Однако с учетом положительного влияния препарата на формирование густоты стояния растений, наибольшая прибавка урожайности семян озимого рапса по сравнению с контролем получена при трехкратном его применении (райкат старт осенью, 0,5 л/га + райкат развитие весной, 2,0 л/га + райкат финал, 1,0-2,0 л/га) – 6,8-7,0 ц/га.

Summary. The positive effect of plant growth stimulant Raykaton on winter hardness of oil seed rape, its seed formation and preservation ability for harvesting has been revealed. The most considerable effect on plant density has been made by application of the growth stimulator (Raykaton Development) in spring when flower-bud formation starts. Meanwhile, taking into consideration the positive effect of the growth stimulator on plant population, in comparison with control indicators the largest increase in yield of the seeds of oil seed rape has been achieved by triple application of the stimulator (Raykaton Start in autumn, 0.5 l/ha + Raykaton Development in spring, 2.0 l/ha + Raykaton Final, 1.0-2.0 l/ha) – 6.8-7.0 centner/ha.