

- тений и их расчет и анализ: Метод. рекомендации. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. – 24 с.
3. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды: Сообщение I // Генетика. – 1985. – Т. XXI, №9. – С. 1480–1489.
 4. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды: Сообщение II // Генетика, 1985. – Т. XXI, №9. – С.1490–1498.
 5. Марков М.В. Популяционная биология растений. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 387 с.
 6. Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
 7. Синская Е.Н. Динамика вида. – М.-Л.: ОГИЗ-Сельхозгис., 1948. – 526 с.

KHLEBNIKOV V.F., SMUROVA N.V.

Transnistrian state university «T.G. Shevchenko»

Transnistria, 3300, Tiraspol, October 25 str., 128, e-mail:v-khl@yandex.ru

FLUCTUATION OF WEIGHT OF THE SEED OF *CUCURBITA PEPO* VAR. *GIRAMONTIA* DUCH. IN DEPENDENCE FROM THE GENOTYPE AND WEATHER CONDITIONS OF YEAR OF THE REPRODUCTION

Aims. It is known that seed signs in comparison with vegetative bodies change more poorly. However stability of these signs from factors of environment is relative and when placing plants in new conditions of the environment they can be more subject to changes. **Methods.** Researches conducted in the conditions of 2005–2006 and 2008–2011. For calculation of ecological plasticity used methods of Eberhart, Russel (1966) and Kilchevsky, Hotyleva (1985). **Results.** Studied forms of a squash on the mass of a seed significantly differed among themselves in each of years of researches. Exception are 2008 and 2009 in conditions which distinctions between forms are doubtful. It is established that the sample 19/84 poorly reacts to change of weather conditions. The most changeable are samples 166/5 and 98/5. **Conclusions.** Fluctuation of weight of a seed of *Cucurbita pepo* var. *giramontia* Duch. is defined by features of a genotype and depends on weather conditions of year of a reproduction.

Key words: seed, weight, fluctuation, genotype, conditions of year.

ЮДАНОВА С.С.¹, МЕЛЕНТЬЕВА С.А.², МАЛЕЦКАЯ Е.И.¹, ТАТУР И.С.², МАЛЕЦКИЙ С.И.¹

¹ *Институт цитологии и генетики СО РАН*

Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 10, e-mail: sonia@bionet.nsc.ru

² *Опытная научная станция по сахарной свекле НАН Беларуси*

Беларусь, 222603, Минская обл., г. Несвиж, ул. Озерная, 1

ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДИГАПЛОИДОВ И УДВОЕННЫХ ГАПЛОИДОВ У САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.)

Способы репродукции семян играют ключевую роль при создании новых сортов и гибридов. Переход от перекрестного опыления к самоопылению у кукурузы привел к созданию гибридного метода селекции. Установлено, что в F₂ и последующих поколениях его эффект затухает [1, 2]. Объясняется это либо взаимодействиями неаллельных доминантных генов, либо внутрилокусными взаимодействиями (гипотеза «сверхдоминирования») [3]. Селекционно-генетические исследования гетерозиса у кукурузы и риса позволили усомниться в корректности гипотезы сверхдоминирования. «По большинству локусов наиболее популярные и продуктивные простые гибриды (F₁) оказались гомозиготны ... Итоги многих исследований свидетельствуют, что эпистаз по множеству локусов играет ведущую роль

в эффекте гетерозиса у гибридов F₁ кукурузы и риса» [2]. Действительно, селекционеры работают не с отдельными локусами, а оценивают общую и специфическую комбинационную способность линий, сочетая его с жестким отбором.

Известно, что продуктивность посева – это не арифметическая сумма продуктивности отдельных растений, а групповой признак, формируемый совместно произрастающими растениями [4]. Кроме того продуктивность посева определяется тем, какие части растения используются в качестве конечного продукта. Поэтому механизмы гетерозиса у разных растений не могут быть одинаковыми. Гибриды F₁ и F₂ у длинностебельных растений существенно различаются по однородности. В поколении F₂ у кукурузы с более короткими стеблями будут угнете-

ны и из-за недостатка света и не сформируют початок. В этом случае падение «гетерозиса», связано не с понижением уровня гетерозиготности растений, а с изменениями структуры листового полога в структуре посева. Конкуренция за свет у розеточных растений, к числу которых относится сахарная свекла, носит иной характер. Гетерогенность у таких растений может как понизить, так и повысить выход биомассы за счет оптимизации структуры листового полога [5]. Исследования анизоплоидных гибридов сахарной свёклы свидетельствуют о 10–15 % повышении хозяйственной продуктивности по сравнению с их диплоидными и тетраплоидными компонентами [6]. Природа высокого уровня хозяйственной продуктивности в данном случае связана не столько с эффектом гибридной мощности, сколько с эффектом сверхкомпенсации: посев сформирован из растений различного уровня пloidности с разной геометрией листовых розеток, которые эффективнее используют солнечный свет [7].

Системе репродукции семян у сахарной свеклы характерен полиморфизм: возможна как зиготическая репродукция (перекрестное опыление и самоопыление), так и однопородительское (партеногенетическое или апозиготическое) размножение.

Как показали более ранние исследования, при беспыльцевой репродукции апозиготические семенные потомства представлены дигаллоидами. В таких потомствах наблюдается расщепление по маркерным признакам [8, 9, 10]. Это свидетельствует о том, что зародышевые клетки, прошли мейотическое деление. Действительно, гаметы с нередуцированным числом хромосом возникают спонтанно у большого числа растительных объектов, и этот феномен

Материалы и методы

В опыте 2011 г. испытывали 8 апозиготических потомств гибрида F_1 Лентурон после двукратной однопородительской (апозиготической) репродукции (поколение A_2). Методика такого размножения заключается в выращивании в беспыльцевом режиме пыльцестерильных растений. Для исключения попадания пыльцы в размножения проводятся следующие мероприятия: 1) на изолированном участке выращиваются только *ms*-растения (*ms-0* и *ms-1*)¹; 2) все полупфертильные растения (*ms2*)¹ удаляются до распускания первого цветка; 3) идентификацию

¹ фенотипы стерильных растений определяли по классификации Оуэна [14]

связан с эпигеномной изменчивостью клеток [11–12]. Следует также отметить, что довольно заметную часть таких потомств составляют гаплоидные проростки – до 3–8 % [13].

Опираясь на представления о генетической природе гетерозиса [1] и на разработанный нами в начале 1990-х гг. апозиготический способ репродукции семян [8], было сформулировано предложение, что высокую продуктивность у гибридов свеклы можно сохранить, используя беспыльцевой способ репродукции семян. Апозиготия, как и самооплодотворение, поддерживает в ряду смежных поколений репродукции в гомозиготном состоянии эпистатические комплексы генов [9], что позволяет сохранять гибридную мощность у растений, а также эффективно использовать богатейший мировой генофонд сахарной свеклы, расширяя генетическое разнообразие селекционных материалов.

По нашему мнению, использование «нового» способа репродукции семян не может не оказывать влияния на методы отбора и в целом на эффективность селекционной работы с сахарной свёклой. Это позволит: а) эффективнее использовать богатейший мировой генофонд сахарной свеклы, расширяя генетическое разнообразие селекционных материалов; б) существенно удешевит селекционные схемы создания новых сортов; в) упростит семеноводческий процесс.

Цель настоящего исследования – сравнить продуктивность апозиготических потомств коммерческого гибрида сахарной свеклы Лентурон (поколение A_2) с исходным гибридом, а также оценить уровень продуктивности потомств гаплоидного растения, выделенного в поколении A_1 .

растений по фенотипу пыльцы проводится ежедневно в течение всего срока цветения, так как некоторые растения характеризуются мозаичным фенотипом. Такие растения также удаляются с участка размножения. Таким способом получают поколение A_1 . В следующем году в таком же режиме репродуцируются семена растений A_1 с целью получения потомства A_2 . В беспыльцевом режиме репродукции становится возможной развитие эмбрионов без оплодотворения (апозиготия).

Потомства, получаемые при беспыльцевом (апозиготическом) режиме семенной репродукции, являются дигаллоидами.

В 2012 г. в исследование было взято 11 по-

томств A_2 , которые были получены от одного гаплоидного растения (поколение A_1). Отбор гаплоидов проводили по морфологическим признакам. В дальнейшем осуществлялся цитологический контроль: подсчет числа хромосом и оценка миксоплоидности клеточных популяций с помощью косвенного метода определения плоидности – число хлоропластов в замыкающих клетках устьиц [15]. В процессе развития растений у свеклы наблюдается геномная неста-

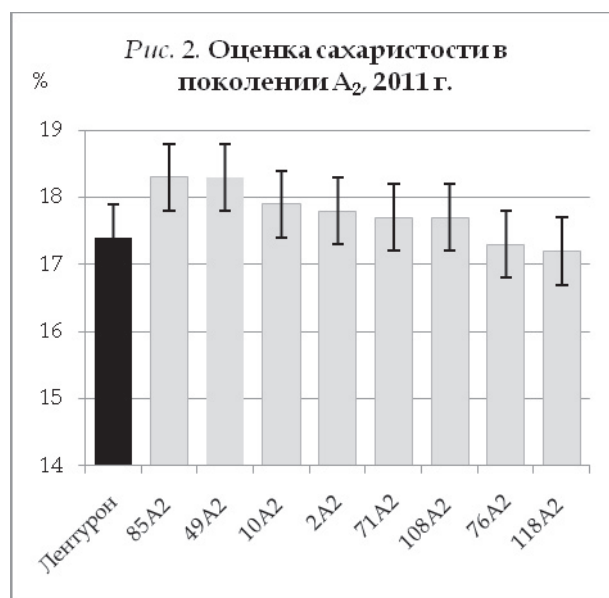
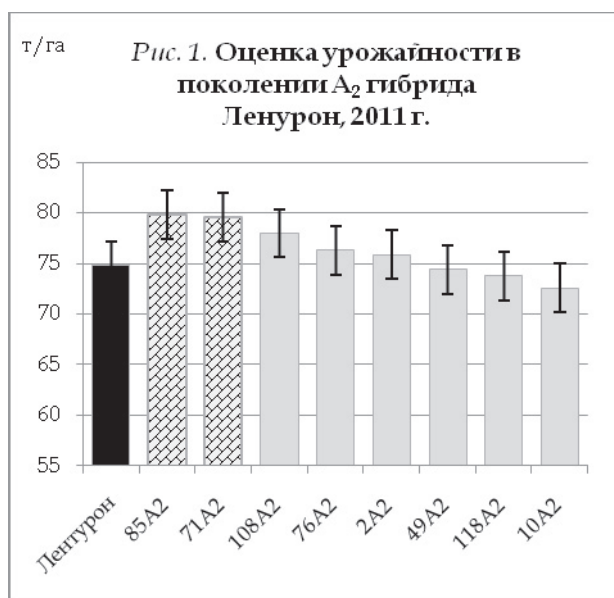
Результаты

В 2011 г. испытывали дигаплоидные образцы (поколение A_2). По показателям продуктивности испытываемые образцы были либо равны исходному гибриду, либо достоверно его превосходили (рис. 1-3). По урожаю корнеплодов два образца ($85A_2$ и $71A_2$) достоверно превысили «контроль», остальные не отличались от исход-

бильность, что приводит к миксоплоидности клеточных популяций. За счёт этого может происходить естественная диплоидизация гаплоидов и образование удвоенных гаплоидов.

Продуктивность определяли по следующим показателям: урожайность (т/га), содержание сахара в корне (%), сбор сахара с единицы площади. Содержание сахара в корне (%) оценивали методом холодной дигестии [16]

ного гибрида (рис. 1). По содержанию сахара в корнях все экспериментальные образцы статистически не отличались от «контроля» (рис. 2). По сбору сахара с единицы площади образец $85A_2$ превысил контроль, а остальные были равны «контролю» (рис. 3).



Это свидетельствует о том, что в апозиготических потомствах не наблюдалось снижения продуктивности ни по урожаю корней, ни по содержанию сахара в корнях по сравнению с исходным родительским гибридом. Следует учесть также, что этот год по погодным условиям был чрезвычайно благоприятен, что отразилось на всех показателях связанных с урожайностью с/х культур. Ранее мы проводили выборочные полевые испытания хозяйственной продуктивности семенного поколения A_2 , которые также показали высокий уровень продуктивности, сравнимый с уровнем продуктивности международных стандартов [17].

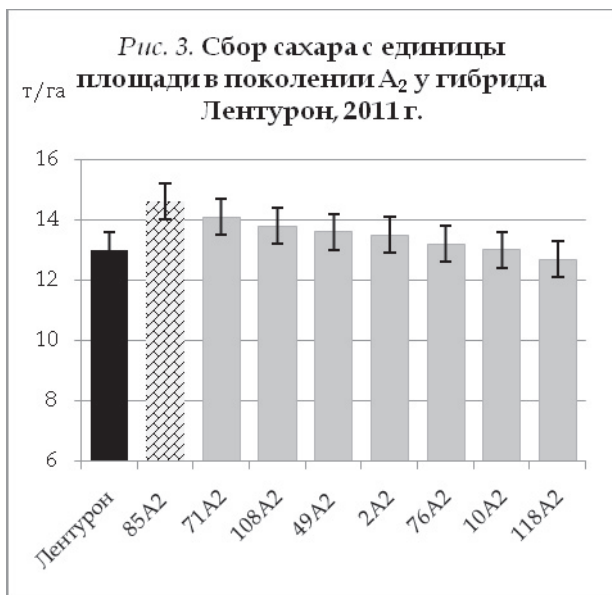
В 2012 г. в испытания были включены также, как и в предыдущем году, растения из

поколения A_2 , но это были потомства одного гаплоидного растения, которое было выделено в поколении A_1 . Цитологические данные свидетельствуют о нестабильности клеточных популяций этих растений: а) в точках роста наблюдали гаплоидные, диплоидные и полиплоидные клетки; б) по числу хлоропластов в замыкающих клетках устьиц эти растения можно отнести к диплоидным растениям (10-13 шт. на клетку), но среднее значение ниже, чем у контрольных растений (14-15 шт. на клетку), кроме того имеет место высокий размах изменчивости клеточной популяции ($\sigma^2 > 2,5$).

В 2012 г. погодные условия были не столь благоприятны как в предыдущем. Кроме того, изучаемый материал показал большую вари-

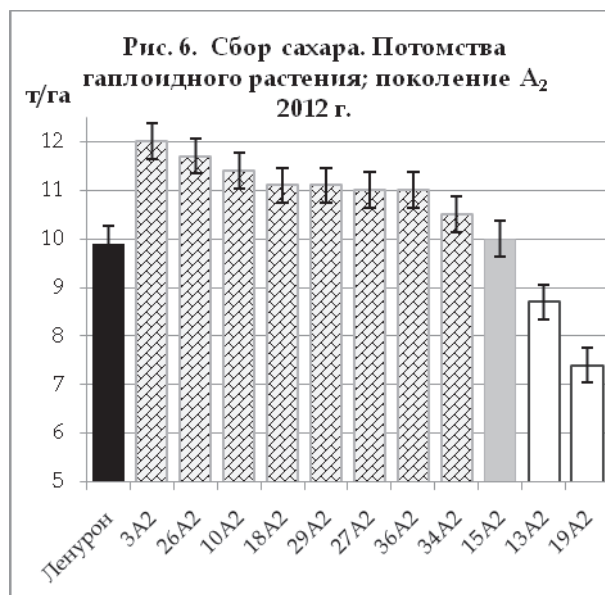
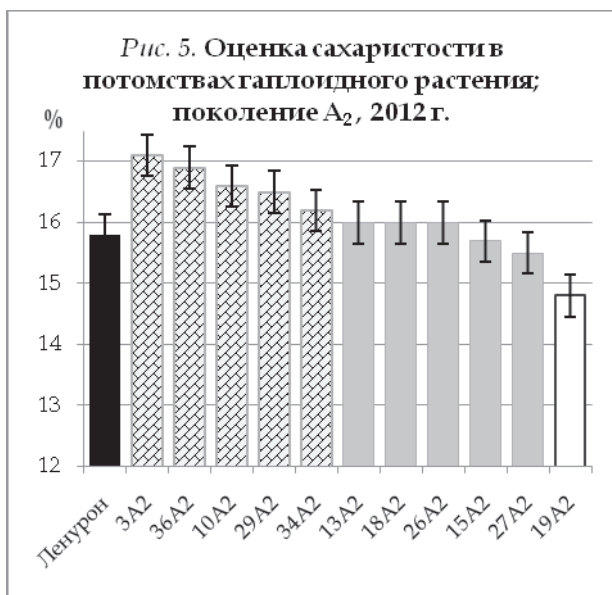
бельность по цитологическим признакам. Среди испытанного материала были образцы, как превышающие показатели исходного гибрида, так и уступающие контролю (рис. 4–6). По урожайности корнеплодов восемь образцов (26A₂, 27A₂,

3A₂, 18A₂, 10A₂, 29A₂, 36A₂, 34A₂) оказались достоверно выше «контроля», 15A₂ – не отличался, а 13A₂ и 19A₂ – были достоверно ниже «контроля» (рис. 4).



По сахаристости пять образцов превысили результаты исходного гибрида (3A₂, 36A₂, 10A₂, 29A₂, 34A₂), еще пять (13A₂, 18A₂, 26A₂, 15A₂, 27A₂) – были равны, а один образец показал результат, который был статистически достоверно ниже «контроля» (рис. 5). По сбору сахара с

единицы площади восемь исследуемых образцов (3A₂, 26A₂, 10A₂, 18A₂, 29A₂, 27A₂, 36A₂, 34A₂) оказались достоверно лучше исходного гибрида, образец 15A₂ статистически не отличался от него, а два образца 13A₂ и 19A₂ показали результат ниже «контроля» (рис. 6).



Как показывают материалы сравнительного сортоиспытания, уровень хозяйственной продуктивности апозиготических потомств равен или превышает уровень продуктивности ком-

мерческих гибридов (поколение F₁). Эти гибриды, как и любые другие коммерческие сорта, создавались в ходе длительной селекции и включали в себя как процедуры родственных

скрещиваний, так и отбор линий по комбинационной способности. Природу высокой продуктивности апозиготических потомств можно связать, с одной стороны, с гомозиготностью комплекса генов, определяющих продуктивность [2], а с другой, со структурой листового полога, формируемого свекловичным посевом.

Тот факт, что некоторые потомства превосходят родительский гибрид, как по урожаю

корней, так и по сбору сахара свидетельствует о том, что в потомствах апозиготических растений можно проводить отбор по признакам продуктивности и использовать их в селекционном процессе. Как показывают наши наблюдения, высокий уровень хозяйственной продуктивности присущ как дигаплоидным семенным потомствам, так потомствам, полученных на основе удвоенного гаплоида.

Выводы

Потомства однородительской репродукции гетерозисного гибрида (дигаплоиды) не показывают снижения уровня продуктивности, некоторые из них даже превосходят родительский гибрид. Это даёт возможность проведения отбора по признакам продуктивности в таких потомствах и их использования в селекционной работе. Высокий уровень хозяйственной продуктив-

ности характерен также и потомствам, полученным на основе удвоенного гаплоида. Использование однородительской (апозиготической) репродукции позволяет эффективнее использовать богатейший мировой генофонд сахарной свеклы, расширяя генетическое разнообразие селекционных материалов.

Работа выполнена при поддержке интеграционного гранта Президиумов СО РАН и НАН Беларуси №3, а также грантов РФФИ № 12-04-90000-Бел-а и 13-04-00012-а и 13-04-90403-укр_ф_а.

Литература

1. Sprague G.F. Heterosis. Reappraisal of theory and practice. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1983 (ed. R. Frankel). – 290 p.
2. Allard R.W. History of plant population genetics // Ann. Rev. Genetics. – 1999. – Vol. 33. – P. 1–27.
3. Crow J.F. Heterosis, Iowa State College Press, Chapter 18. – 1952.
4. Малецкий С.И. Популяционно-генетические аспекты продуктивности растений. Новосибирск: «Наука», 1982. – 164 с.
5. Harper J.L. Population Biology of Plants. London: Academic Press. – 1977. – 892 p.
6. Лутков А.Н., Таранюк М.И., Малецкий С.И. Полиплоидия в селекции сахарной свёклы. – М.: изд-во «Наука», 1970. – 306 с.
7. Вепрев С.Г., Кудрявцева О.А., Малецкий С.И. Популяционно-генетические аспекты продуктивности растений. – Новосибирск: «Наука», 1982.
8. Малецкий С.И., Малецкая Е.И. Самофертильность и агамоспермия у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Генетика. – 1996. – Т. 32, № 12. – С. 1643–1650.
9. Малецкий С.И. Сцепленное и несцепленное наследование в партеногенетических потомствах растений // Генетика. – 1997. – Т. 33, № 10. – С. 1333–1340.
10. Левитес Е.В., Овечкина О.Н., Малецкий С.И. Авто- и эписегрегация по признакам окраски в агамоспермных потомствах сахарной свеклы // Генетика. – 1999. – Т. 35, № 8. – С. 1086–1092.
11. Frenkel R. Uber das Auftreten von unreduzieren Gameten bei Angiospermen // Arch. Zucht. Forsch. – 1975. – Vol. 5. – P.201–208.
12. Harlan J.R., de Wet J.M.J. The origins of polyploidy // Bot. Rev. – 1975. – Vol. 41. – P. 361–390.
13. Малецкая Е.И., Малецкий С.И. Апозиготический способ репродукции семян и гаплоидия у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Сборник научных трудов: «Факторы экспериментальной эволюции организмов». – Київ: «ЛОГОС», 2006. – Т. 3. – С. 274–279.
14. Owen F.V. Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beets // Journ. Agric. Res. – 1945. – Vol. 71, №10. – P.423–440.
15. Savitsky H. Effectiveness of selection for tetraploids plants in C₀ generation on the basis of the number of chloroplasts in stomata // Amer. Soc. Sugar Beet Technol. – 1966. – Vol. 13, № 8. – P. 655–661.
16. Силян П.М. Лабораторная оценка технологических качеств сахарной свеклы. – М.: Пищепромиздат, 1958. – 91с.
17. Юданова С.С., Мелентьева С.А., Татур И.С. Факторы экспериментальной эволюции организмов. – Київ: «Логос», 2011. – Т. 10.

YUDANOVA S.S.¹, MELENTEVA S.A.², MALETSKAYA E.I.¹, TATUR I.S.², MALETSKII S.I.¹

¹ *Institut of cytology and genetics SB Rusiun academy of science*

Russia, 630090, Novosibirsk, av. Lavrenteva, 10, e-mail:sonia@bionet.nsc.ru

² *Experimental plant breeding station of sugar beet, National academy of science of Belarus*

Belarus, 222603, Nesvizh, Minsk region, Ozernaya str., 1

CROP PRODUCTIVITY OF DIHAPLOID AND DOUBLE HAPLOID IN SUGAR BEET (*BETA VULGARIS* L.)

A *goal* of the presented paper was the crop productivity estimation of dihaploid and double haploid plants after apozygotic (uniparental) reproduction of heterosis hybrid. **Methods.** 8 dihaploid apozygotic progenies of heterosis hybrid *Lenturon* and 11 double haploid progenies were investigated. In the investigated material were evaluated (i) crop productivity (t/ha), (ii) sugar content in root (%), (iii) sugar yield. **Results.** Dihaploid progenies don't register a reduction of crop productivity. Some of progenies even exceed a result of the initial hybrid. Double haploids register also a high level of crop productivity, but this material show greater variability. **Conclusions.** This result shows a possibility using of apozygotic progenies for breeding purposes. A use of uniparental (apozygotic) reproduction makes it possible to enlarge the genetic diversity of breeding materials.

Key words: crop productivity, sugar beet, genetic diversity of breeding materials, dihaploid and doubled haploid plants.