

Очень слаборослыми являются сорта вишни Вянок и Гриот белорусский, сорт черешни Медунца; слаборослыми – сорта вишни Жывица, Милавица, гибрид вишни 28/99, сорта черешни Витязь, Гронкавая, Наслаждение, Сябаровская; среднерослыми – гибрид вишни 33/43, сорта черешни Минчанка, Соперница, гибриды черешни 4/10, 17/59, 10/97, 15/112, 15/126. Генотипов вишни и черешни, проявляющих сильный и очень сильный рост на карликовом клоновом подвое ВСЛ-2, не было выявлено.

Выводы

Установлена сила роста генотипов вишни и черешни, привитых на карликовом клоновом подвое ВСЛ-2: очень слаборослые – сорта вишни Вянок и Гриот белорусский, сорт черешни Медунца; слаборослые – сорта вишни Жывица, Милавица, гибрид вишни 28/99, сорта черешни Витязь, Гронкавая, Наслаждение, Сябаровская; среднерослые – гибрид вишни 33/43, сорта черешни Минчанка, Соперница, гибриды черешни 4/10, 17/59, 10/97, 15/112, 15/126.

Исучаемые сорта и гибриды вишни и черешни пригодны для высокопродуктивных садовых насаждений, и в со-

ответствии с группой роста рекомендуется использовать схемы посадки: для очень слаборослых – $4 \times 1,5$ м, слаборослых – $4 \times 1,5-2$ м, среднерослых – $4 \times 2-2,5$ м.

Литература

- Игнаткова, Н. В. Влияние форм кроны на рост и плодоношение деревьев вишни в различные возрастные периоды / Н. В. Игнаткова, И. С. Леонovich // Плодоводство: науч. тр. / РУП «Институт плодоводства»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2013. – Т. 25. – С. 197-205.
- Капичникова, Н. Г. Рост и плодоношение вишни в зависимости от подвоев / Н. Г. Капичникова // Инновационные технологии в питомниководстве: материалы международной научно-практической конференции (пос. Самохваловичи, 15 июня – 31 июля 2009 года). – Самохваловичи, 2009. – С. 114-117.
- Кошелев, В. К. Соотношение основных показателей роста и плодоношения деревьев яблони / В. К. Кошелев // Сб. тр. НИИ им. И. В. Мичурина, 1973. – Вып. 17. – С. 5-13.
- Потапов, В. А. Развитие слаборослого садоводства в России, основные направления исследований, перспективы интенсификации производства плодов / В. А. Потапов // Интенсивное садоводство. – Мичуринск, 2000. – Ч. 1. – С. 16-20.
- Упадышева, Г. Ю. Агробиологическая оценка сорто-подвойных комбинаций черешни в Московской области / Г. Ю. Упадышева // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 4. – С. 18-20.
- Упадышева, Г. Ю. Особенности роста и плодоношения новых сортов черешни на клоновых подвоях / Г. Ю. Упадышева // Современные сорта и технологии для интенсивных садов: материалы междунауч.-практ. конф. 15–18 июля 2013 г., ВНИИСПК, Орел, 2013. – С. 254–256.

УДК 575.21:575.113.2:633.85:632.954

Изучение фенотипического проявления гомо-, гетерозиготности у подсолнечника кондитерского по генам окраски листьев и устойчивости к гербицидам группы имидазолинонов

И. А. Ракул, аспирант, Л. О. Рябовол, доктор с.-х. наук
Уманский национальный университет садоводства, Украина

(Дата поступления статьи в редакцию 22.02.2017 г.)

В работе изложены результаты изучения фенотипического проявления гена *Imr/imr* у подсолнечника кондитерского. Установлено, что максимальная резистентность растений к действию гербицида Евро-Лайтнинг проявляется только при наличии доминантного гена в гомозиготном состоянии. Растения, которые показали расщепление, являются гетерозиготными. Установлено, что гомозиготные и гетерозиготные растения с геном устойчивости отличаются фенотипически. Это позволяет проводить отбор гомозиготных форм подсолнечника с высокой резистентностью к гербициду группы имидазолинонов по окраске листовой поверхности растений. При обработке растений гербицидом наблюдали тератогенные изменения. Они фенотипические и не передаются по наследству.

Введение

В последние годы наряду с использованием подсолнечника как основной масличной культуры увеличиваются площади под его кондитерскими сортами, продукция которых является сырьем для производства высококачественной халвы, подсолнечного молочка, козинаков и других изделий. Увеличивается и использование грызового подсолнечника, сегмент рынка которого освоили перерабатывающие компании. Главной особенностью растений кондитерского подсолнечника является высокое содержание белка (более 20 %), крупные семена (масса 1000 штук семян более 100 г) и коэффициент шретирования (выход чистого ядра не ниже 0,6–0,7) [7].

Одним из важных элементов технологии выращивания подсолнечника является уничтожение сорняков [6].

The paper presents the results of studies on the phenotypic manifestation imr gene in sunflower. It was established that the maximum resistance of plants to the herbicide appears when the gene is in the homozygous state only. Plants that are heterozygous showed cleavage. Found that homozygous and heterozygous plants for genome stability phenotypically different. This allows the selection of homozygous forms sunflower (high resistance to the herbicide Euro Lightning) in color plant leaf surface. For processing plant herbicide, observed teratogenic changes. They are phenotypic not transmitted by heredity.

Производственная система CLEARFIELD, которая используется с 2003 г. во всем мире на подсолнечнике, – это комбинация гербицида Евро-Лайтнинг с содержанием действующего вещества класса имидазолинонов (имазапир, имазамокс) и высокоурожайных гибридов, устойчивых к этой группе гербицидов. Евро-Лайтнинг обладает системным уничтожающим действием на злаковые сорняки (а также амброзию, осот и т. п.) [4].

Устойчивость подсолнечника к гербицидам определяется геном *Imr/imr* в гомозиготном состоянии. Поэтому в процессе производства гибридного подсолнечника CLEARFIELD необходима конверсия гена устойчивости в мужские и материнские компоненты гибрида.

Семеноводство гибридного подсолнечника требует соблюдения генетической чистоты родительских компонен-

тов и контроля гибридности. Для того чтобы исключить засоренность семеноводческих посевов, целесообразно использовать маркерные признаки, которые помогают идентифицировать нетипичные растения на участках размножения исходного материала и гибридизации.

Следует отметить, что морфологические признаки являются эффективной и перспективной маркерной системой контроля чистоты растительного материала на определенных этапах селекционного процесса.

Любой качественный морфологический признак, что фенотипически легко отличается, проявление которого не зависит от внешних условий, может быть использован в качестве маркера. У подсолнечника идентифицировано достаточное количество генетически детерминированных морфологических признаков с упрощенным типом контроля. В качестве примера по использованию морфологических признаков как маркерной системы можно привести сцепление наследования гена антоциановой окраски Е с геном ms, который контролирует генетическую мужскую стерильность подсолнечника. Тесное сцепление этих генов позволило в производстве создать первые отечественные гетерозисные гибриды подсолнечника.

Знание локализации и типа наследования генов позволяет селекционерам планировать гибридизационную работу по синтезу форм и соединять желаемые признаки. Информация о наличии или отсутствии сцепления генов определяет объем работы с потомками гибридов и необходимость использования рекомбинационных факторов. Из качественных признаков особенно эффективны те, которые можно визуальным образом идентифицировать и легко унаследовать, передача которых в материнские и отцовские формы гибридов значительно упростит операции по удалению возможного засорения в процессе семеноводства.

Благодаря генетической устойчивости форм подсолнечника к гербицидам, можно ускорить работу по созданию закрепителей стерильности, ведь ген, контролирующий устойчивость, служит и маркером. При использовании гербицида идентифицируется гомо-, гетерозиготность форм, так как присутствует маркерный признак – устойчивость к препарату. Поэтому не нужно проводить дополнительную апробацию (высевать семена на следующий год) для выяснения гомо-, гетерозиготности растений.

Материалы и методы исследований

Морфологические признаки являются дешевой и перспективной маркерной системой контроля чистоты растительного материала на определенных этапах селекционного процесса. У подсолнечника в качестве генетических маркеров можно использовать различные признаки: окраска лепестков, цветков и соцветий, наличие окраски подсемядольного колена (гипокотилия), высота растений, тип ветвления и т. д. [3].

К. В. Медведевой выявлено положительное влияние гена оранжевой окраски язычковых цветков подсолнечника на некоторые показатели продуктивности, при этом влияние других аллельных вариантов, обуславливающих

светло-желтое и лимонное окрашивание цветков, не найдено [2].

А. Heesacker использовал группу ДНК-маркеров для маркировки гена лимонной окраски язычковых цветков. Среди всех протестированных маркеров только для трех было обнаружено сцепленное наследование с геном Yf₁ [1].

Целью работы было установление возможности использования гена Imr/imr как маркера с целью определения гомо-, гетерозиготности растений по окраске листовой поверхности после обработки гербицидом Евро-Лайтнинг. Для установления влияния доминантного аллеля на уровень устойчивости на опытных участках была проведена гибридизация неустойчивых форм подсолнечника (компоненты отечественных гибридов) с устойчивыми формами.

В исследованиях использовали закрепители стерильности, полученные из сортов Лакомка, Запорожский кондитерский и образцов из Китая (9509/10, 9510/10), которые были скрещены с донорами устойчивости к гербициду Евро-Лайтнинг (образцы из США Х9607, Х4367, Х4607, Х4667).

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе работы по созданию исходных материалов подсолнечника с генетической устойчивостью к действию гербицида Евро-Лайтнинг наблюдалась смена цвета растений после опрыскивания. Цвет отдельных устойчивых растений изменился на желто-зеленый, а других – изменения цвета не наблюдалось, растения остались темно-зелеными. Этот факт натолкнул на мысль, что может быть использована фенотипическая идентификация гомо-, гетерозиготности материалов по гену Imr/imr. Поэтому было проведено исследование по изучению фенотипического проявления этого гена в созданных материалах подсолнечника.

Растения обрабатывали гербицидом Евро-Лайтнинг (1,2 л/га) в фазе двух пар настоящих листьев. Через семь дней после обработки растения менялись. По результатам учетов установлена гибель 25 % растений. Из 75 % растений, которые оказались устойчивы к гербициду Евро-Лайтнинг, только одна четвертая часть не меняла цвет листовой поверхности и имела характерную темно-зеленую окраску, а 50 % имели измененную окраску листовой поверхности – желто-зеленый цвет.

Таким образом, наблюдали фенотипическое расщепления 1:2:1 (устойчивые зеленые гомозиготные по гену устойчивости Imr/imr-растения: стойкие желтовато-зеленые гетерозиготные Imr/imr: неустойчивые гомозиготные Imr/imr-растения). Для подтверждения фенотипического расщепления 1:2:1 было рассчитано χ^2 (таблица 1).

Анализ полученных данных показывает, что $\chi^2_{ф} < \chi^2_{ст}$, а это свидетельствует о том, что нулевая гипотеза подтверждена и по окраске наблюдается расщепление 1:2:1.

Все исследуемые растения были разделены на две группы. В первую группу вошли растения, которые не изменили окраску листьев после обработки гербицидом Ев-

Таблица 1 – Расщепление гетерозиготных растений в I₁ по гену Imr/imr

Селекционный материал	Количество растений, шт.				χ^2
	всего в опыте	расщепление жизнеспособных по окраске листьев		погибших	
		темно-зеленые	желто-зеленые		
Лакомка × Х9607	31	8	16	7	0,093
Запорожский кондитерский × Х4367	27	7	14	6	0,106
9509/10 × Х4607	25	7	12	6	0,120
9510/10 × Х4667	25	6	13	6	0,040

Таблица 2 – Расщепление гетерозиготных растений в I₂ по гену lmr/lmr

Селекционный материал	Количество растений, шт.						χ^2
	окраска листьев у предыдущего поколения		всего в опыте	расщепление жизнеспособных по окраске листьев		погибших	
	темно-зеленые	желто-зеленые		темно-зеленые	желто-зеленые		
Лакомка × X9607	12	–	352	352	–	–	–
Запорожский кондитерский × X4367	9	–	254	254	–	–	–
9509/10 × X4607	8	–	194	194	–	–	–
9510/10 × X4667	6	–	101	101	–	–	–
Лакомка × X9607	–	45	450	112	224	114	0,026
Запорожский кондитерский × X4367	–	12	361	89	180	92	0,052
9509/10 × X4607	–	10	299	75	148	76	0,036
9510/10 × X4667	–	9	261	65	129	67	0,070

ро-Лайтнинг, во вторую группу – растения с измененной окраской листовой пластинки.

Для дальнейшей работы были отобраны 28 растений подсолнечника, у которых окраска листьев после обработки имела темно-зеленый цвет (первая группа) и 55 растений, у которых окраска листьев была желто-зеленая (вторая группа).

На следующий год провели самоопыление селекционного материала. Полученные семена от каждого самоопыленного растения были отдельно собраны, высеяны и в фазе 2–4 пар настоящих листьев обработаны гербицидом Евро-Лайтнинг в норме 1,2 л/га.

Через семь суток был проведен анализ действия гербицида на растения. Материал из первой группы не дал фенотипического расщепления: все растения были резистентными к гербициду и не изменили цвет. Во второй группе растений было выявлено расщепление по фенотипу и устойчивости на три части в соотношении 1:2:1. Одна часть растений имела темно-зеленую окраску листьев, вторая – желто-зеленую, третья часть растений не имела устойчивости к гербициду Евро-Лайтнинг (таблица 2).

Анализ данных подтверждает, что $\chi^2_{ф} < \chi^2_{ст}$ и подтверждает нулевую гипотезу. Наблюдается расщепление 1:2:1.

По результатам исследований установлено, что растения с темной окраской листьев дали потомство, которое после обработки не меняло цвет листовой поверхности. Максимальная резистентность растений к действию гербицида проявляется только когда ген находится в гомозиготном доминантном состоянии. То есть темно-зеленые растения являются гомозиготами по доминантному гену lmr/lmr. Установлено, что гомозиготные и гетерозиготные растения с геном устойчивости отличаются фенотипически. Это позволяет проводить отбор гомозиготных резистентных форм подсолнечника по окраске листовой поверхности растений.

Необходимо отметить, что в популяциях второго поколения наблюдались угнетение растений в разной степени. У отдельных устойчивых растений выделяли заметное осветление точки роста, деформация верхних пар листьев, прекращение роста центральной почки. Несмотря на это растения продолжали свой рост и развитие. Появление таких особей во втором поколении указывало на неполное доминирование и возможное наличие генов-модификаторов. Аналогичные изменения подтверждены результатами исследований других ученых [5].

Кроме того, после обработки гербицидом Евро-Лайтнинг у гетерозиготных растений наблюдались различия по уровню подавления роста и развития растений, а так-

же тератогенным изменениям. Чаще всего отмечали нарушение роста гетерозигот – наличие ветвления, форм, которые имели одну корзинку, деформацию центральной корзинки, редукцию центральной корзинки и другое. Такие формы могут быть модификациями (морфозы) или связанными с воздействием гена-модификатора. Все полученные растения были самоопыленные.

В следующем поколении растения, которые имели фенотипические изменения (ветвление стебля, редукцию корзинки и т. п.), также показали расщепление в соотношении 1:2:1.

Наличие промежуточного фенотипического класса при резистентности к гербициду связано с неполным доминированием гена lmr/lmr в гетерозиготном состоянии. Изменчивость по степени угнетения растений, выживших в рамках «желто-зеленого» класса, является модификационной и определяется разницей в количестве гербицида, который попал на отдельные растения, и особенно индивидуального морфо-физиологического состояния растений.

Заключение

Установлено, что гомозиготные и гетерозиготные растения по гену устойчивости к гербициду и окраске листьев отличаются фенотипически. Это позволяет проводить отбор гомозиготных форм подсолнечника с высокой резистентностью к гербициду Евро-Лайтнинг по окраске листовой поверхности.

Для получения исходных материалов с генетической резистентностью к действию гербицидов группы имидазолинов необходимо проводить бекроссирование с целью переноса генов устойчивости от доноров иностранного происхождения в отечественные формы.

Литература

- Бурлов, В. В. Создание аналогов родительских линий гибридов подсолнечника, устойчивых к имидазолиновой (ИМИ) и трибенуруновой (TRM) групп гербицидов ISSN 0582-5075 / В. В. Бурлов, С. И. Титов // Селекция и семеноводство. – 2009. – Вып. 97. – С. 78.
- Медведева, К. В. Влияние мутации окраски и формы краевых цветков линии подсолнечника на морфобиологические признаки / К. В. Медведева // Генетические ресурсы растений. – 2009. – № 7. – С. 150–156.
- Сигида, В. П. Достижения, направления и задачи селекции отдельных полевых культур в Украине: Учебное пособие / В. П. Сигида. – Умань: УКВПП, 2009. – С. 40.
- Евро-Лайтнинг. Двигатель максимальной рентабельности. BASF, 2007. – 4 с.
- Никитчин, Д. И. Масличные культуры / Д. И. Никитчин. – Запорожье: ВКП „Запорожье“, 1990. – 256 с.
- Бугаев, В. Д. Специальная селекция полевых культур: Учебное пособие / В. Д. Бугаев, С. П. Васильковский, В. А. Власенко; под ред. Молоцкого М. Я. – Белая Церковь, 2010. – 368 с.
- Толмачов, В. Подсолнух для кондитеров / В. Толмачов, П. Лазер, Д. Бочковой // Зерно. – 2010. – С. 14–18.