

УДК 633.863.2: 577.21: 575.222.7: 581.143.6

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ САФЛОРА В КАЗАХСТАНЕ

Жамбакин К.Ж., Шамекова М.Х., Волков Д.В., Затыбеков А.К.

Институт биологии и биотехнологии растений, ул. Тимирязева, 45, 050040, Алматы, Казахстан

spiritdem@mail.ru

АБСТРАКТ

Коммерческая привлекательность возделывания сафлора заключается в его высокой засухоустойчивости и высоком качестве получаемого масла. Несмотря на то, что сафлор известен с древности, данная культура до сих пор является малоизученной. В зависимости от региона возделывания сафлор имеет высокое разнообразие по морфологическим признакам, содержанию и составу масла. В обзоре приводятся данные по использованию сафлора, как культуры многоцелевого назначения - в качестве корма для животных и птиц, а также использование сафлора в медицине и в производстве пищевых продуктов. В последнее время возрастает потребность в масле сафлора в связи с тем, что оно является полезным из-за высокого уровня в нем полиненасыщенных жирных кислот. Для промышленного использования возрастает роль селекции по получению сортов с определенным сочетанием в масле сафлора олеиновой, линолевой жирных кислот. Для повышения эффективности в селекции сафлора перспективно применение молекулярных маркеров, методов генетической инженерии, а также использование культуры клеток и тканей. Молекулярные маркеры для сафлора используются с целью изучения филогенетического родства и происхождения вида *Carthamus tinctorius*, для контроля коммерческого использования сортов - пищевого или технического направления, а также для выявления генов и локусов, связанных с конкретными селекционно-ценными признаками. Перспективно использование культуры мужского гаметофита для получения гомозиготных линий. Применение методов генетической инженерии может привести к получению сортов сафлора с повышенным уровнем олеиновой кислоты и устойчивостью к гербицидам сплошного действия. Раскрываются проблемы и перспективы выращивания сафлора в Казахстане.

Ключевые слова: сафлор, селекция, жирные кислоты, ДНК маркеры, аллель, масличность, культура ткани, микроспоры, генетическая инженерия, медицина.

THE PROSPECT OF GROWING SAFFLOWER IN KAZAKHSTAN

Zhambakin K.J., Shamekova M.H., Volkov D.V., Zatybekov A.K.

Institute of Plant Biology and Biotechnology, 45, Timirjazeva str., 050040, Almaty, Kazakhstan

spiritdem@mail.ru

ABSTRACT

Commercial cultivation of safflower appeal lies in its high resistance to drought and high quality of the oil obtained. At the same time, despite the fact that safflower has been known since antiquity, this culture is still poorly understood. Safflower highly varies in morphology, content and composition of the oil, depending on the region of cultivation. The review provides data on the use of safflower as a plant for multipurpose use in food industry, medicine and as a food source for animals and birds. Demand for safflower oil has been increasing over the last period due to the high level content of polyunsaturated fatty acids. For industrial applications, the role of breeding aimed at obtaining varieties with certain combination of oil, safflower oleic, linoleic fatty acids. To improve selection, applications of molecular markers in plant breeding and safflower seeds using culture cells and tissues and methods of genetic engineering are found to be promising. Molecular markers for safflower are used to study the phylogenetic relationships and the origin of the *Carthamus tinctorius* species, to control the commercial use of varieties - the food or the technical direction, and to identify genes associated with specific selection and valuable traits. Use of male gametophyte culture for production of homozygous lines is also promising. Application of genetic engineering

techniques may result into development of new safflower varieties with high level of oleic acid and resistant to non-selective herbicide. The problems and prospects of safflower cultivation in Kazakhstan are under discussion.

Keywords: safflower, breeding, fatty acids, DNA markers, allele, oil, tissue culture, microspores, genetic engineering, and medicine.

ВВЕДЕНИЕ

Сафлор - род *Carthamus*, относится к семейству сложноцветных, или астровых, (*Asteraceae* или *Compositae*). Имеет мощную, хорошо развитую стержневую корневую систему, уходящую на глубину до 2 метров. Сафлор - теплолюбивое и очень засухоустойчивое растение короткого дня, хорошо приспособленное к сухому континентальному климату. Растение хорошо переносит засуху и заморозки, к почвам не требовательно, преимущественно самоопыляется, но возможно и перекрестное опыление за счет насекомых. Нектар сафлора привлекает несколько родов пчел, а также других насекомых. Ветер не является основным фактором в перекрестном опылении.

К роду *Carthamus* причисляют 16 видов, и только один из них (*Carthamus tinctorius*) является культурным - диплоид с 12 парами хромосом.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

На основе морфологических данных было высказано предположение о том, что окультуривание сафлора происходило в 10 географических центрах. Дальнейший анализ ядерных микросателлитных последовательностей культурных видов сафлора из 10 предполагаемых центров, а также диких сородичей, свидетельствовал о наличии пяти генетических кластеров (1-й – Европа; 2-й - Турция, Иран, Ирак, Афганистан; 3-й - Израиль, Иордания, Сирия; 4-й - Египет, Эфиопия и 5-й - Дальний Восток, Индия, Пакистан). При этом предполагается, что родиной культурного сафлора является Ближний Восток, что было определено на основе генетического сходства между ближневосточным прародителем и современными культурными сортами, а также археологическими находками. Генетические различия между географическими кластерами сафлора очевидны, хотя и не в той степени, что предлагалось на основе морфологии [1]. Более того, наблюдается широкое разнообразие по основным селекционным признакам, не только среди популяций различных географических регионов, но и среди сортов одного региона и страны [2, 3, 4]. Для сафлора также характерно широкое разнообразие по жирнокислотному составу масла. При этом не выявлено четкой взаимосвязи между разнообразием сафлора по жирнокислотному составу и географическим происхождением генотипа [5, 6].

ПРИМЕНЕНИЕ САФЛОРА

Сафлор – древнейшая сельскохозяйственная культура, которая возделывалась для получения цветков, использовавшихся для окраски тканей и пищевых продуктов, а также для медицинских целей. В настоящее время сафлор выращивают в основном ради семян, используемых для получения пищевого масла и на корм для декоративных птиц. В мире востребованы семена сафлора с масличностью не менее 38%. Различают сорта сафлора с признаком наличия колючек на листьях и на листьях, связанных с цветочными соцветиями. Как правило, сорта с небольшим количеством или без колючек содержат меньше масла, чем сорта с колючками [7]. Масло сафлора является стабильным до -12°C, его структура не меняется при низких температурах, что особенно подходит для использования в охлажденных пищевых продуктах - как приправа для салатов, кроме того, масло не выделяет дыма или запаха при жарке [2]. При этом сафлоровое масло лучше подходит для

гидрогенизации на маргарин, чем соевое или рапсовое масла, которые нестабильны в этом процессе [8].

В последнее время потребности в масле сафлора возрастают среди людей развитых стран, которые заботятся о своем здоровье. Масло сафлора считается полезным из-за высокой концентрации полиненасыщенных жирных кислот. Мононенасыщенные соединения, такие как олеиновая кислота, как правило, способствуют снижению уровня «плохого» холестерина, не влияя на «хороший» холестерин. Поэтому, сорта сафлора с высоким содержанием олеиновой кислоты стали доминирующими в международной торговле с конца 1995 года. Это масло можно сравнить с оливковым маслом, оно стабильно при нагревании, и используется в основном как высококачественное масло для жарки, особенно для специальной жарки, например, при приготовлении картофельных чипсов. Оно также применяется в производстве детского питания и косметики. При этом в промышленности олеиновая кислота используется в качестве основы для получения лаков, покрытий, эмалей, олиф, красок. Ее применяют в качестве пластического вещества в парфюмерии, а соли олеиновой кислоты - в качестве моющих средств.

Линолевая кислота, как незаменимая жирная кислота, помимо пищевого назначения, применяется в маслах, кремах, очищающих средствах для смягчения кожи и предотвращения увядания. Кремы на ее основе снимают раздражение, повышают защитные свойства дермы и способствуют ее увлажнению. Кроме того, растительные масла с высоким содержанием линолевой кислоты используются в композициях смол и красителей.

После отжима масла, жмых и шрот используется как корм для животных. В 100 килограммах жмыха содержится 55 кормовых единиц. Удаление семенной оболочки, как правило, экономически не выгодно, и корм обычно имеет 30-40% сырой клетчатки, что делает его непригодными для животных с однокамерным желудком, таких как свиньи и домашняя птица. В то же время не освобожденный от семенной оболочки жмых может служить хорошим кормом для жвачных животных, в частности для дойных коров.

В Китае сафлор выращивают почти исключительно для получения цветов, которые используются при лечении многих заболеваний, а также в качестве тонизирующего чая. Основой желтых цветов сафлора является активный ингредиент, который растворим в воде, также на его основе используются спиртовые экстракты в некоторых препаратах. Лекарства, полученные из сафлора, расширяют артерии, снижают гипертензию и увеличивают приток крови, а также ингибируют образование тромба. Таким образом, лечение сердечно-сосудистых заболеваний является одним из основных применений сафлора в Китае. Во многих случаях отвары из сафлора используются в комбинации с различными другими травами и в качестве дополнительных ингредиентов. Многие клинические и лабораторные исследования подтверждают использование сафлора в качестве лекарства для решения проблемы с менструальным циклом, сердечно-сосудистых заболеваний, болей и отеков, связанных с травмой. Отвары из сафлора были успешно использованы в восстановлении фертильности почти у 75% исследованных женщин, которые были бесплодными в течение 10 лет [9].

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА МАСЛА САФЛОРА

Возросший интерес к качественным показателям сафлорового масла привел к изучению генома сафлора на предмет синтеза в семенах олеиновой, линолевой, стеариновой и пальмитиновой жирных кислот. Определено, что контролируют биосинтез олеиновой, линолевой, стеариновой кислоты три гена (*olol*, *lili* и *stst*, соответственно), при этом они находятся в разных локусах [10]. Масло сафлора в основном состоит из олеиновой и линолевой кислот. Могут быть получены два различных типа сафлорового масла в зависимости от генотипа сорта. Первый тип характеризуется высоким содержанием линолевой кислоты, а второй - высоким содержанием олеиновой кислоты. Возможно также, что сорт содержит примерно равные количества олеиновой и линолевой кислот. В любом

случае коммерческая привлекательность увеличивается, если содержание насыщенных жирных кислот, т.е. пальмитиновой и стеариновой кислот, наименьшее. При этом определено, что содержание олеиновой кислоты у сафлора обратно пропорционально содержанию линолевой кислоты [6].

Три аллельных гена *Ol*, *ol* и *ol¹* являются основными генетическими детерминантами пропорций содержания олеиновой и линолевой кислот. Генотип *olol* дает содержание олеиновой кислоты в масле 72-80%, а генотип *OIOI* дает 72-80% линолевой кислоты. Генотип *ol¹ol¹* имеет приблизительно равное количество олеиновой и линолевой жирных кислот, примерно по 45%. В генотипе *StSt* было 5-10% стеариновой кислоты по сравнению с 1-3% в стандартном масле рапса [11, 12]. Генетические исследования показали моногенное наследование изучаемых признаков [10]. Увеличение содержания стеариновой кислоты связано с увеличением процентного содержания олеиновой или линолевой кислот, или обоих одновременно, а в некоторых генотипах оказывается, что более прохладные температуры в период выращивания сафлора сокращают содержание стеариновой и олеиновой кислоты, при этом процентное содержание линоленовой кислоты увеличивается [13]. Отмечается, что высоколинолевый (*OIOI*) и высокоолеиновый (*olol*) генотипы были относительно стабильными при разных температурах выращивания. Изменение процентного содержания жирных кислот, в связи с изменением температуры, колебалось от 75 до 82% для высоколинолевых и 70-77% для высокоолеиновых генотипов [14]. Высокостеариновые генотипы показали более высокий диапазон изменений концентраций: 4,4% - при низких и 10,6% - при более высоких температурах. Генотип (*ol¹ol¹*), имеющий одинаковое количество олеиновой и линолевой кислоты в семенах, показал большое изменение концентрации жирных кислот в ответ на изменение температуры. При низких температурах генотип (*ol¹ol¹*) приблизился к процентному содержанию жирных кислот высоколинолевого сафлора, то есть 75,1% линолевой и 15,0% олеиновой. При высоких температурах противоположная ситуация - олеиновая кислота увеличивалась до 53,1%, а линолевая снижалась до 38,6% [11, 14]. Следует отметить, что линии с высоким содержанием олеиновой кислоты можно выделить в других масличных культурах, например, таких как подсолнечник, однако очень высокое содержание линолевой кислоты, присутствующей в сафлоре, является уникальным признаком, который невозможен в любой другой коммерческой масличной культуре [15].

Масло сафлора может рассматриваться как богатый источник α -токоферола - витамина E [16]. Жирнокислотный состав и содержание витамина E зависит не только от генотипа, но и от условий выращивания растений [17, 18].

НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ С САФЛОРОМ

Анализ мировой литературы показывает, что методы традиционной селекции сафлора сочетаются с биотехнологическими и направлены на повышение продуктивности за счет создания гетерозисных линий, устойчивости к болезням и вредителям путем отдаленной гибридизации, повышения качества масла и белка, а также создание линий, устойчивых к гербицидам, методами генетической инженерии [10]. С использованием традиционных селекционных методов в США удалось значительно увеличить содержание масла в семенах сафлора. В середине 1970-х годов, в районе Великих равнин, производителям удалось получить урожай с содержанием масла свыше 34%. В течение последующих 30 лет этот показатель возрос на 15%, достигнув 48-50%. Широкую коммерческую популярность приобретают сорта с высоким содержанием олеиновой кислоты, первым из которых стал коммерческий сорт UC-1 (1968 г.). За последующие 15 лет довольно быстро были разработаны сорта *S-317* от Seed Tech в Калифорнии; *Rinconada* в Испании и другие. Увеличение содержания масла было достигнуто при отборе по признакам уменьшения толщины семенной кожуры, наличия полосатой окраски семян и др. [19]. При этом по потребностям рынка выведены сорта с высоким (более 78%) и очень высоким (более 86%)

содержанием олеиновой кислоты, а также сорта с очень высоким содержанием (более 86%) линолевой кислоты [20].

Хотя сафлор считается засухоустойчивой культурой, во многом благодаря своему сильному стержневому корню, активно проводятся исследования по идентификации генотипов, которые являются устойчивыми к засухе, особенно в стадии прорастания семян и более эффективными в использовании воды в период вегетации [21, 22]. Кроме того, несмотря на то, что сафлор показывает толерантность к засолению почв, проводится селекция на солеустойчивость [23]. По-видимому, такие работы не теряют своей актуальности в связи с тем, что часто нет альтернативы выращиванию сафлора в засушливых районах и орошаемых районах, подверженных засолению. В селекционных программах следует учитывать то, что проявление основных признаков, формирующих урожайность и масличность, сильно зависят от условий возделывания, при этом характеризуются высокой наследуемостью такие признаки, как высота растений, высота первого соцветия и масса 1000 зерен [4]. Кроме того, выявлено, что жирнокислотный состав изменяется у одних и тех же сортов сафлора в зависимости от периода посева (под зиму или весной), а также наличия или отсутствия орошения [5]. При работе с широким набором сортов различного происхождения утверждается, что общая комбинационная способность преобладает над специфической комбинационной способностью по основным признакам урожайности [24]. Показано, что отсутствие колючек контролируется по крайней мере одним локусом *sp*, а окраска цветков – по крайней мере двумя локусами *O* и *Y*, и что каждый признак наследуется отдельно [25].

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАРКЕРЫ В СЕЛЕКЦИИ САФЛОРА

Развитие селекционной работы на современном этапе невозможно без применения методов молекулярной биологии, культуры клеток и тканей, генетической инженерии. Преимущество использования ДНК-маркеров заключается в основном в технической легкости, относительно низкой стоимости, высокой воспроизводимости и наличии ряда маркерных систем, которые используют доминантные или кодоминантные маркеры. Молекулярные маркеры для сафлора используются для изучения филогенетического родства и происхождения вида *Carthamus tinctorius*. В частности, первоначальное представление о центрах происхождения сафлора, основанное на морфологических признаках, пересматривается в результате молекулярно-генетических работ, где предполагается, что центром окультуривания сафлора является Ближний Восток [1]. Молекулярные маркеры являются удобным инструментом изучения генетического разнообразия сортов, выведенных в различных эколого-географических зонах. Исследования в этой области показывают широкий размах генетической изменчивости, который не всегда совпадает с изменчивостью по морфологическим признакам. Кроме того, включение в исследования по молекулярным маркерам диких сородичей сафлора открывает широкие перспективы для селекции [26]. Вместе с тем, молекулярные маркеры широко используются для оценки гермоплазмы с целью понимания географического распространения и генетического картирования, в том числе местных сортов и популяций [27, 28, 29, 30].

Наиболее часто для изучения сафлора применяются в качестве маркеров: случайные амплификации полиморфной ДНК (RAPD), простые повторяющиеся последовательности (ISSR) и полиморфизм длин амплифицированных фрагментов (AFLP). Эти маркеры выбираются для культур с недостаточными геномными ресурсами, не требуют предварительных генетических последовательностей и сканирования генома, включающие повторяющиеся последовательности, поэтому удобны для сафлора. Анализ генетического разнообразия у сафлора был в основном сосредоточен на оценке генетической изменчивости путем объединения данных по молекулярному полиморфизму и фенотипической изменчивости [28, 29, 30, 31]. Так, были охарактеризованы 96 популяций,

представляющих 29 стран из семи регионов мира с использованием AFLP маркеров. Определены отношения между 48 популяциями сафлора из 38 стран с использованием 22 ISSR праймеров [29]. Проведена оценка генетического разнообразия 16 иранских сортов и 4 местных популяций из Ирана путем объединения данных по агроморфологическим признакам и RAPD маркерам [30]. Проведена оценка моделей географического разнообразия и взаимосвязи между агроморфологическими признаками и жирнокислотным составом 193 популяций сафлора, представляющих 40 стран в 9 эколого-географических зонах [31]. Было выявлено отсутствие сопряженности между агроморфологическими и молекулярными матрицами, что указывает на необходимость проведения полной характеристики разнообразия сафлора как классическими методами, так и по ДНК маркерам [28, 29, 30, 31]. ISSR праймеры являются более информативными, по сравнению с RAPD праймерами [28]. Впоследствии исследования [27, 28] указали на надежность AFLP маркеров с точки зрения их высокой степени различия, индекса эффективности, маркерного индекса, разрешающей способности и индекса генотипа, а также для изучения высокого разнообразия сафлора по широким географическим группам и использования ДНК дактилоскопии. Средняя частота полиморфизма была +2,4; +1,3 и +20,5 и количественного полиморфизма 24,2, 17,8 и 61,1%, соответственно, RAPD, ISSR и AFLP маркеров [27]. Выявлено наличие богатого генетического разнообразия сафлора в Китае, с его 2100-летней историей выращивания и селекции этой культуры [29].

Вместе с тем, идентификация сорто-специфических ДНК маркеров является одним из важных аспектов для селекции и семеноводства сафлора, не только для защиты интеллектуальной собственности, но и для контроля коммерческого использования сортов – пищевого или технического направления [32]. До настоящего времени гермоплазма сафлора характеризуется на основе морфологических признаков, хозяйственно-ценных показателей, устойчивости к биотическим или абиотическим стрессам, а также по биохимическим показателям [33]. Эти данные не отвечают современным требованиям. Точная каталогизация гермоплазмы генетических ресурсов, включая сорта, по молекулярным маркерам, в последнее время получила высокую значимость по многим причинам [34], прежде всего в защите прав интеллектуальной собственности авторов сортов. До появления ДНК-дактилоскопии точная каталогизация сортов была невыполнимой задачей.

В последнее время появляются работы, где молекулярные маркеры связаны с конкретными селекционно-ценными признаками. В частности, были определены ДНК маркеры, тесно связанные с рецессивным геном *Li*, контролирующим содержание линолевой кислоты и геном *Ms*, контролирующим ядерную мужскую стерильность [26]. В ряде работ используются маркеры на основе RAPD полиморфизма, которые были разработаны для тесно связанных рецессивных генов *Li*, контролирующих содержания линолевой кислоты, и *Ms*, контролирующего ядерную мужскую стерильности [35].

Анализ полученных сегрегантов, включающий 162 линии от скрещивания между CLI (NMS) и CR 142 (высокая линолевая кислота), привел к созданию карты сцепления с пятью RAPD-маркерами SCAR. SCAR маркеры фланкируют два локуса на 15,7 сМ от *Li* локуса и 3,7 сМ от локуса *Ms*. Рецессивными по генетической мужской стерильности являются полученные из гетерозигот (*Msm*), которые могут быть идентифицированы только после получения потомства. Картирование ядерной мужской стерильности гена позволяет проводить раннее выявление линий, несущих аллель мужской стерильности. Маркеры, связанные с высоким содержанием линолевой кислоты, будут способствовать выбору генотипов с маркерами, направленными на интрогрессию *Li* аллелей [26].

Микросателлиты или простые повторяющиеся последовательности (SSR) являются одним маркером локуса и характеризуются гипервариабельностью, имеют равномерное распределение по всему геному. Обладают кодоминантным наследованием, воспроизводимостью и возможностью автоматизации генетического анализа. Выделение SSR маркеров является трудоемким, длительным и дорогостоящим процессом. Тем не

менее, при наличии EST-маркеров для сафлора можно идентифицировать генные SSR маркеры, которые позволяют отображать функции генов. Для повышения эффективности поиска молекулярных маркеров сафлора используется его сопряженность с более изученными геномами, в частности, подсолнечника [36]. Кроме того, некоторые исследования показали универсальность SSR маркеров для разных видов растений, таких как зерновые [37], бобовые [38], крестоцветные [39].

КЛЕТОЧНАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ САФЛОРА

Как указывалось выше, культурный сафлор отличается высокой гетерогенностью, как между образцами из различных географических регионов, так и между сортами. Как показали наши предыдущие, пока не опубликованные, исследования, казахстанские сорта гетерогенны по морфологическим признакам, и, возможно, по качественным и количественным показателям масла также. В связи с высокими требованиями к сортам, в особенности, к их жирнокислотному составу, остро будет стоять проблема получения гомозиготного материала уже на начальных стадиях селекционной работы. Ускоренное создание таких линий возможно с использованием гаплоидной биотехнологии. До настоящего времени известна только одна работа по получению гаплоидов в культуре пыльников. Авторы показали, что в результате культивирования пыльников на питательной среде MS сафлора каллусообразование составляет 48%. Из числа полученных каллусов 47% были гаплоидными, 30% - диплоидными и 16% - триплоидными [40]. Однако более эффективный и надежный путь, на наш взгляд, получение культуры изолированных микроспор. Получение изолированных микроспор затруднено морфологическими особенностями цветочных бутонов у семейства *Asteraceae*, к которому относится и сафлор. Однако известны примеры удачного культивирования изолированных микроспор видов *Chamomilla recutita*, *Solidago virgaurea*, *Sanvitalia procumbens*, относящихся к семейству *Asteraceae* [41], что дает возможность надеяться на то, что культура микроспор сафлора будет с успехом использоваться в будущем.

Внимание к культуре соматических клеток и тканей сафлора возникло в связи с ростом интереса к генетической трансформации. Получены каллусы и индуцирован эмбриогенез из них в культуре изолированных листовых пластинок, гипокотелей, семядолей, корней и проростков [42]. Помимо использования каллусной культуры, возможна прямая трансформация растительных тканей. Разработан протокол с эффективностью трансформации 4,8 и 3,1% для линии S-317 (с высоким содержанием олеиновой кислоты) и линии WT (высокое содержание линолевой кислоты) на основе T-DNA вектора при инфицировании семядолей сафлора *Agrobacterium* [43]. Работы по генетической инженерии сафлора особенно активно стали развиваться в последнее время по нескольким направлениям, в частности, по повышению уровня олеиновой кислоты и приданию этой культуре устойчивости к гербицидам сплошного действия [44]. Начиная с конца 80-х годов, в генетической инженерии получило развитие так называемое «molecular farming» направление, под которым подразумевается производство растениями белков, для использования в медицине и ветеринарии. В этом отношении сафлор привлек пристальное внимание многих исследователей. В частности, компания SemBioSys, основанная в Калгари (Канада), в июле 2006 года объявила о начале производства коммерчески жизнеспособных молекул инсулина из семян сафлора. Кроме того, компания приступает к производству аполипопротеина A1 с использованием сафлора. Сафлор «ГМО» в настоящее время выращивается на экспериментальной основе, в Чили, Соединенных Штатах и Канаде (www.sembiosys.ca).

САФЛОР В КАЗАХСТАНЕ

Климатические условия выращивания сельскохозяйственных культур в Казахстане изменяются. Наблюдается тенденция частого наступления засушливых годов. Поливные земли Казахстана также имеют тенденцию к сокращению, прежде всего из-за вторичного засоления [45]. В связи с этим возникает острая потребность в засухоустойчивых и рентабельных культурах, диверсификации возделываемых культур, ухода от выращивания только зерновых на неполивных землях юга и богарных землях севера Казахстана. Одной из таких культур является сафлор. В настоящее время сафлор выращивается в республике и высеваемая площадь имеет тенденцию к росту, поскольку выращивать его коммерчески выгодно для сельхозпроизводителей. Так, если в 2002 году под сафлором в Казахстане было занято 64,41 тыс. га, то в 2011 году - 251,80 тыс. га, а в 2012 году площади сафлора увеличены еще на 20,5 тыс. га [46, 47]. Открываются заводы по переработке сафлора, в частности, в Кызылорде, Алматинской области [48]. Более того, государство субсидирует производство масличных культур. Однако количество отечественных сортов недостаточно, при этом нет сортов, рекомендованных для севера республики [49], а урожайность остается достаточно низкой: 5-6 ц/га.

В Красноводопадской опытной станции и Казахском НИИ земледелия и растениеводства проводятся работы по выведению новых сортов сафлора с использованием традиционных методов селекции – оценка исходного материала, подбор комбинаций скрещивания, гибридизация и отбор перспективных линий [50]. Актюбинская сельскохозяйственная опытная станция проводит исследования по агротехническим приемам возделывания сафлора. Однако научных изысканий по сафлору явно не достаточно, поскольку потребности в новых сортах, современных агротехнологиях и технологиях переработки у сельхозпроизводителей возрастают из года в год. В Казахстане работы по сафлору с использованием современных биотехнологических методов только начинают проводиться в Институте биологии и биотехнологии растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из анализа литературы, следует, что главное требование к сортам сафлора при производстве, переработке и продаже - это наличие информации о жирнокислотном составе семян. Этот показатель в настоящее время обязателен при производстве сафлора в развитых странах, поскольку от него зависит направление использования сафлорового масла. Такая информация соответственно повышает стоимость продукции и его коммерческую привлекательность. Кроме того, повышается требовательность к однородности сортов - его гомозиготности.

В Казахстане актуальны следующие перспективные направления создания сортов сафлора - получение сортов пищевого направления, сортов для использования в лакокрасочной, фармацевтической промышленности, а также получения биодизеля.

Представленный обзор литературы показывает, насколько широко использование сафлора в пищевой, косметической и лакокрасочной промышленности. Особая привлекательность сафлора связана с использованием его масла в качестве диетического продукта и медицинского использования его цветов. Продукты переработки могут быть использованы как ценный корм для скота. Видимо, поэтому в развитых странах в настоящее время выстраивается целая новая индустрия вокруг сафлора. При этом создание новых конкурентоспособных сортов сафлора, отвечающих современным требованиям, невозможно без использования современных методов: молекулярной биологии, биотехнологии и генетической инженерии.

Финансирование

Данная работа проведена в рамках проекта «Создание ценных линий сафлора для условий Казахстана с использованием биотехнологических методов», финансируемого Министерством образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chapman M.A., Hvala J., Strever J. and Burke J.M. Population genetic analysis of safflower (*Carthamus tinctorius*; Asteraceae) reveals a Near Eastern origin and five centers of diversity // *American Journal of Botany*. - 2010. - Vol. 97, №5. - P. 831–840.
2. Ashri A. Evaluation of the germ plasm collection of Safflower, *Carthamus tinctorius* L.V. Distribution and regional divergence for morphological characters // *Euphytica*. - 1975. - Vol. 24, №3. - P. 651-659.
3. Jaradat A.A., Shahid M. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle East // *Genetic Resources and Crop Evolution*. - 2006. - Vol. 53, №2. - P. 225–244.
4. Camas N., Esendal E. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // *Hereditas*. - 2006. - Vol. 143. - P. 55-57.
5. Gecgel U.; Demirci M.; Esendal E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter // *International Journal of Molecular Sciences*. - 2007. - Vol. 1. - P. 11–15.
6. Pooran Golkar, Ahmad Arzani, Abdolmajid M. Rezaei. Genetic Variation in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for Seed Quality-Related Traits and Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers // *International Journal of Molecular Sciences*. - 2011. - Vol. 12, №4. - P. 2664-2677.
7. Osorio J., Fernandez-Martinez J., Mancha M., Garcés R. Mutant sunflowers with high concentration of saturated fatty acids in the oil // *Crop Sci*. - 1995. - Vol. 35. - P. 739-742.
8. Gyulai J. Market outlook for safflower. In Mündel H.-H., Braun J., and Daniels C., eds. *Proceedings of North American Safflower // Conference, Great Falls, Montana, Lethbridge, AB*. - 1996. - P. 15.
9. Vosoughkia M., Ghavamib M., Gharachorloo M., Sharrifmoghaddasi M., Omid A.H.. Lipid Composition and Oxidative Stability of Oils in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seed Varieties Grown in Iran // *Advances in Environmental Biology*. - 2011. - Vol. 5, №5. - P. 897-902.
10. Knowles P.F. Safflower // *Oil Crops of the World / Röbbelen G., Downey R.K. and Ashri A., eds*. - New York: McGraw-Hill, 1989. - P. 363-374.
11. Knowles P.F. The plant geneticist's contribution towards changing lipid and amino acid composition of safflower // *J. Am. Oil Chem. Soc.* - 1972. - Vol. 49, №1. - P. 27-29.
12. Ladd S.L. and Knowles P.F. Inheritance of alleles at two loci regulating fatty acid composition of the seed oil of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // *CropSci*. - 1971. - Vol. 11, №5. - P. 681-684.
13. Li Dajue and H.-Henning Mündel. Safflower, *Carthamus tinctorius* L. // *International Plant Genetic Resources Institute*. - 1996. – 83 p.
14. Bartholomew S.B. SSRs Temperature effects on the fatty acid composition of developing seeds in safflower, *Carthamus tinctorius* S.L. // MS. Thesis University of California, Davis. - 1971.
15. Bergman J.W., Flynn C.R., Kott R.W., Hatfield P.G., Van Wagoner H. and Boles J.A. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds // *Small Ruminant Research*. – 2003. - Vol. 49. - P. 11-17.
16. Weiss E.A. Caster, Sesame and Safflower // *An Intertext Pub*. - 1971. – 53 p.
17. Vosoughkia M., Hossainchi Ghareaghag L., Ghavami M., Gharachorloo M., Delkhosh B. Evaluation of Oil Content and Fatty Acid Composition in Seeds of Different Genotypes of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // *International Journal of Agricultural Science and Research*. - 2011. - Serial #2. - Vol. 2, №1.
18. Ensiye A., Razmjoo K. Effect of Irrigation Regimes on Oil Content and Composition of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. - 2010. - Vol. 87. - P. 499–506.

19. Hans-HenningMündel. Major achievements in safflower breeding and future challenges // 7th International Safflower Conference. - WaggaWagga, Australia, 2008.
20. Velasco L., Fernández-Martínez J.M. Breeding for oil quality in safflower // Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability / Proceedings of the 5th International Safflower Conference. - Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA. - 23-27 July, 2001. - P. 133-137.
21. Jajarmi V. Effect of water stress on germination indices in seven safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) // 7th International safflower conference. - WaggaWagga, Australia, 2008. - 3 to 6 November.
22. Ashkani J., Pakniyat H., Ghotbi V. Genetic evaluation of several physiological traits for screening of Suitable spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under stress and non-stress irrigation regimes // Pakistan Journal of Biological Science. - 2007. - Vol. 10, №14. - P.2320-2326.
23. Siddiqi E.H., Ashraf M., Akram N.A. Variation in seed germination and seedling growth in some diverse lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salt stress // Pakistan J. Bot. - 2007. - Vol. 39, №6. - P. 1937-1944.
24. Ramachandram M., Goud J.V. Genetic Analysis of Seed Yield, Oil Content and Their Components in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Theor. Appl. Genet. - 1981. - Vol. 60, №3. - P. 191-195.
25. Pahlavani M.H., Mirlohi A.F., Saeidi G. Inheritance of Flower Color and Spininess in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Journal of Heredity. - 2004. - Vol. 95, №3. - P. 265–267.
26. Sujatha M. Biotechnological interventions for genetic improvement of safflower // 7th International safflower conference. - WaggaWagga, Australia, 2008. - 3 to 6 November.
27. Sehgal D. and Raina S.N. Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprints // Euphytica. - 2005. - Vol. 146. - P. 67-76.
28. Johnson R.C., Kisha T.J. and Evans M.A. Characterizing safflower germplasm with AFLP molecular markers // Crop Sci. - 2007. - Vol. 47. - P. 1728-1736.
29. Yang Y.X., Wu W., Zheng Y.L., Chen L., Liu R.J. and Huang C.Y. Genetic diversity and relationships among safflower (*Carthamus tinctorius* L.) analysed by inter-simple sequence repeats (ISSRs) // Genet Resour Crop Evol. - 2007. - Vol. 54. - P. 1043-1051.
30. Amini F., Saeidi G. and Arzani A. Study of genetic diversity in safflower genotypes using agro-morphological traits and RAPD markers // Euphytica. - 2008. - Vol. 163, №1. - P. 21-30.
31. Khan M.A.,Witzke-Ehbrecht, S.V., Maass B.L. and Becker H.C. Relationships among different geographical groups, agro-morphology, fatty acid composition and RAPD marker diversity in safflower (*Carthamus tinctorius*) // Genet Resour Crop Evol. - 2009. - Vol. 56, №1. - P. 19-30.
32. Deepmala Sehgal, Soom Nath Raina. SSRs Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprints // Euphytica. - 2005. - Vol. 146, №1-2. - P. 67–76.
33. Aslam M. & Hazara G.R. Evaluation of world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L) for yield and other agronomic characters // In: L. Dajue & H. Yuanzhou (Eds.) / Third International Safflower Conference. - Beijing, China, 1993. - June 9–13. - 238 p.
34. Fang, D.Q. & Roose M.L. Identification of closely related citrus cultivars with inter-simple sequence repeat markers // Theor Appl Genet. - 1997. - Vol. 95, №3. - P. 408–417.
35. Hamdan Y.A.S., Velasco L. and Perez-Vich B. Development of SCAR markers linked to male sterility and very high linoleic acid content in safflower // Mol Breed. - 2008. - Vol. 22, №3. - P. 385-393.
36. García-Moreno María J., Velasco Leonardo, Fernández-Martínez José M., Pérez-Vich Begoña. Transferability of sunflower microsatellite markers to safflower // 7th International safflower conference. - WaggaWagga, Australia, 2008. - 3 to 6 November.
37. Kuleung C., Baenziger P.S. and Dweikat I. Transferability of SSR markers among wheat, rye, and triticale // Theor. Appl. Genet. - 2004. - Vol. 108, №6. - P. 1147-1150.

38. Peakall R., Gilmore S., Keys W., Morgante M. and Rafalski A. Cross-species amplification of soybean (*Glycine max*) simple sequence repeats (SSRs) within the genus and other legume genera: implications for the transferability of SSRs in plants // *Mol. Biol. Evol.* - 1998. - Vol. 15, №10. - P. 1275-1287.

39. Plieske J. and Struss D. Microsatellite markers for genome analysis in Brassica. I. Development in Brassica napus and abundance in Brassicaceae species // *Theor. Appl. Genet.* - 2001. - Vol. 102, №5. - P. 689–694.

40. Rajendra Prasad B., Khadeer M.A., Seeta P., and Anwar S.Y. In vitro induction of androgenic haploids in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // *Plant Cell Reports.* - 1991. - Vol. 10, №1. - P. 48-51.

41. Bal U., Touraev A. Microspore Embryogenesis in Selected Medicinal and Ornamental Species of the Asteraceae // *Advances in Haploid Production in Higher Plants.* - Springer Netherlands. - 2009. - P. 219-229.

42. Sujatha M. And Dutta Gupta S. Tissue Culture and Genetic Transformation of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // S. M. Jain and S. Dutta Gupta (eds.)- *Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops*-Springer Science+Business Media Dordrecht. - 2013. - P. 297-318.

43. Srinivas Belide, Luch Hac, Surinder P Singh, Allan G Green, Craig C Wood. Agrobacterium-mediated transformation of safflower and the efficient recovery of transgenic plants via grafting // *Plant Method.* - 2011. - P. 7-12.

44. Motamedi Ja., Zebarjadi A., Kahrzili D., Salmanian A.H. In vitro propagation and Agrobacterium-mediated transformation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) using a bacterial mutated *aro A* gene // *Australian Journal Crop Science.* - 2011. - Vol. 5, №4. - P. 479-486.

45. Sugimori Y., Funakawa S., Pachikin K. M., Ishida N., Kosaki T. Soil salinity dynamics in irrigated fields and its effects on paddy-based rotation systems in Southern Kazakhstan // *Land degradation and development.* - 2008. - Vol. 19. - №3. - P. 305–320.

46. Агентство Республики Казахстан по статистике 2013 // www.stat.kz

47. Аналитическая записка к оперативному отчету по мониторингу Программы по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2010–2014 годы за 2012 год // mgov.kz/wp-content/uploads/2013/03/analiticheskaia-zapiska.docx

48. Казахстан: В Алматинской области открыт завод по переработке сои // www.kazakh-zerno.kz

49. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан // online.zakon.kz-2012.

50. Ортаев А.К., Жамалбеков М.Н., Конарбеков М. Коллекционные и селекционные фонды сафлора, рациональное использование, семеноводство и технология возделывания сафлора: Рекомендации. – Сарыагаш, 2011. – 15 с.

REFERENCES

1. Chapman M.A., Hvala J., Strever J. and Burke J.M. Population genetic analysis of safflower (*Carthamus tinctorius*; Asteraceae) reveals a Near Eastern origin and five centers of diversity. *American Journal of Botany*, 2010, vol. 97, no. 5, pp. 831–840. Available at: <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.0900137>

2. Ashri A. Evaluation of the germ plasm collection of Safflower, *Carthamus tinctorius* L. V. Distribution and regional divergence for morphological characters. *Euphytica*, 1975, vol. 24, no. 3, pp. 651-659. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00132903>

3. Jaradat A.A., Shahid M. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle East. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2006, vol. 53, no. 2, pp. 225–244. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-004-6150-9>

4. Camas N., Esendal E. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Hereditas*, 2006, vol. 143, pp. 55-57. Available at: 17362334

5. Gecgel U., Demirci M., Esendal E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *International Journal of Molecular Sciences*, 2007, vol. 1, pp. 11–15.
6. Pooran Golkar, Ahmad Arzani, Abdolmajid M. Rezaei. Genetic Variation in Safflower (*Carthamus tinctoriosus* L.) for Seed Quality-Related Traits and Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *International Journal of Molecular Sciences*, 2011, vol. 12, no. 4, pp. 2664-2677. Available at: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms12042664>
7. Osorio J., Fernandez-Martinez J., Mancha M., Garcés R. Mutant sunflowers with high concentration of saturated fatty acids in the oil. *Crop Sci.*, 1995, vol. 35, pp. 739-742. Available at: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500030016x>
8. Gyulai J. Market outlook for safflower. In Mündel H.-H., Braun J., and Daniels C., eds. Proceedings of North American Safflower. *Conference, Great Falls, Montana, Lethbridge, AB*, 1996, pp. 15.
9. Mahboobeh Vosoughkia, Mehrdad Ghavamib, Maryam Gharachorloo, Mohammad Sharrifmoghaddasi, Amir Hasan Omid. Lipid Composition and Oxidative Stability of Oils in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seed Varieties Grown in Iran. *Advances in Environmental Biology*, 2011, vol. 5, no. 5, pp. 897-902.
10. Knowles P.F. Safflower. *Oil Crops of the World* (Röbbelen G., Downey R.K. and Ashri A., eds.). New York: McGraw-Hill, 1989, pp. 363-374.
11. Knowles P.F. The plant geneticist's contribution towards changing lipid and amino acid composition of safflower. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1972, vol. 49, no. 1, pp. 27-29.
12. Ladd S.L. and Knowles P.F. Inheritance of alleles at two loci regulating fatty acid composition of the seed oil of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *CropSci.*, 1971, vol. 11, no. 5, pp. 681-684.
13. Li Dajue and H.-Henning Mündel. Safflower, *Carthamus tinctorius* L. *International Plant Genetic Resources Institute*, 1996, 83 p.
14. Bartholomew S.B. SSRs Temperature effects on the fatty acid composition of developing seeds in safflower, *Carthamus tinctorius* S.L. *MS. Thesis University of California, Davis*, 1971.
15. Bergman J.W., Flynn C.R., Kott R.W., Hatfield P.G., Van Wagoner H., and Boles J.A. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small Ruminant Research*, 2003, vol. 49, pp. 11-17. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00052-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00052-X)
16. Weiss E.A. Caster, Sesame and Safflower. *An Intertext Pub.*, 1971, 53 p.
17. Vosoughkia M., Hossainchi Ghareaghag L., Ghavami M., Gharachorloo M., Delkhosh B. Evaluation of Oil Content and Fatty Acid Composition in Seeds of Different Genotypes of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2011, Serial #2, vol. 2, no. 1.
18. Ensiye A., Razmjoo K. Effect of Irrigation Regimes on Oil Content and Composition of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2010, vol. 87, pp. 499–506. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-009-1527-8>
19. Hans-Henning Mündel. Major achievements in safflower breeding and future challenges. *7th International Safflower Conference*. WaggaWagga, Australia, 2008.
20. Velasco L.; Fernández-Martínez J. M. Breeding for oil quality in safflower. // Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability.- *Proceedings of the 5th International Safflower Conference*. Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, 23-27 July, 2001, pp. 133-137.
21. Jajarmi V. Effect of water stress on germination indices in seven safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). *7th International safflower conference*. WaggaWagga, Australia, 2008, 3 to 6 November.
22. Ashkani J., Pakniyat H., Ghotbi V. Genetic evaluation of several physiological traits for screening of Suitable spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under stress and non-

stress irrigation regimes. *Pakistan Journal of Biological Science*, 2007, vol. 10, no. 14, pp. 2320-2326. Available at: 19070151

23. Ejaz Hussain Siddiqi, Muhammad Ashraf, Nudrat Aisha Akram. Variation in seed germination and seedling growth in some diverse lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salt stress // *Pakistan J. Bot.*-2007.-Vvol.39.-№ no. 6.-P. pp. 1937-1944.

24. Ramachandram M., Goud J.V. Genetic Analysis of Seed Yield, Oil Content and Their Components in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Theor. Appl. Genet*, 1981, vol. 60, no. 3, pp. 191-195. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00264529>

25. Pahlavani M.H., Mirlohi A.F., Saeidi G. Inheritance of Flower Color and Spininess in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Heredity*, 2004, vol. 95, no. 3, pp. 265–267. Available at: 15220395

26. Sujatha M. Biotechnological interventions for genetic improvement of safflower. *7th International safflower conference*. WaggaWagga, Australia, 2008, 3 to 6 November.

27. Sehgal D. and Raina S.N. Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprints. *Euphytica*, 2005, vol. 146, pp. 67-76. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-005-8496-2>

28. Johnson R.C., Kisha T.J. and Evans M.A. Characterizing safflower germplasm with AFLP molecular markers. *Crop Sci.*, 2007, vol. 47, pp. 1728-1736. Available at: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2006.12.0757>

29. Yang Y.X., Wu W., Zheng Y.L., Chen L., Liu R.J. and Huang C.Y. Genetic diversity and relationships among safflower (*Carthamus tinctorius* L.) analysed by inter-simple sequence repeats (ISSRs). *Genet Resour Crop Evol.*, 2007, vol. 54, pp. 1043-1051. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-006-9192-3>

30. Amini F., Saeidi G. and Arzani A. Study of genetic diversity in safflower genotypes using agro-morphological traits and RAPD markers. *Euphytica*, 2008, vol. 163, no. 1, pp. 21-30. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-007-9556-6>

31. Khan M.A., Witzke-Ehbrecht, S.V., Maass B.L. and Becker H.C. Relationships among different geographical groups, agro-morphology, fatty acid composition and RAPD marker diversity in safflower (*Carthamus tinctorius*). *Genet Resour Crop Evol.*, 2009, vol. 56, no. 1, pp. 19-30. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-008-9338-6>

32. Deepmala Sehgal, Soom Nath Raina. SSRs Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprints. *Euphytica*, 2005, vol. 146, no. 1-2, pp. 67–76. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-005-8496-2>

33. Aslam M. & Hazara G.R. Evaluation of world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L) for yield and other agronomic characters. In: L. Dajue & H. Yuanzhou (Eds.). *Third International Safflower Conference*. Beijing, China, 1993, June 9–13, 238 p.

34. Fang, D.Q. & Roose M.L. Identification of closely related citrus cultivars with inter-simple sequence repeat markers. *Theor Appl Genet*, 1997, vol. 95, no. 3, pp. 408–417. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s001220050577>

35. Hamdan Y.A.S., Velasco L. and Perez-Vich B. Development of SCAR markers linked to male sterility and very high linoleic acid content in safflower. *Mol Breed.*, 2008, vol. 22, no. 3, pp. 385-393. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11032-008-9183-5>

36. García-Moreno María J., Velasco Leonardo, Fernández-Martínez José M., Pérez-Vich Begoña. Transferability of sunflower microsatellite markers to safflower. *7th International safflower conference*. WaggaWagga, Australia, 2008, 3 to 6 November.

37. Kuleung C., Baenziger P. S. and Dweikat I. Transferability of SSR markers among wheat, rye, and triticale. *Theor. Appl. Genet*, 2004, vol. 108, no. 6, pp. 1147-1150. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s00122-003-1532-5>

38. Peakall R., Gilmore S., Keys W., Morgante M. and Rafalski A. Cross-species amplification of soybean (*Glycine max*) simple sequence repeats (SSRs) within the genus and other legume genera: implications for the transferability of SSRs in plants. *Mol. Biol. Evol.*, 1998, vol. 15, no. 10, pp. 1275-1287. Available at: 9787434

39. Plieske J. and Struss D. Microsatellite markers for genome analysis in Brassica. I. Development in Brassica napus and abundance in Brassicaceae species. *Theor. Appl. Genet*, 2001, vol. 102, no. 5, pp. 689–694. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s001220051698>
40. Rajendra Prasad B., Khadeer M.A., Seeta P., and Anwar S.Y. In vitro induction of androgenic haploids in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Plant Cell Reports*, 1991, vol. 10, no. 1, pp. 48-51. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00233032>.
41. Bal U., Touraev A. Microspore Embryogenesis in Selected Medicinal and Ornamental Species of the Asteraceae. Advances in Haploid Production in Higher Plants. *Springer Netherlands*, 2009, pp. 219-229. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8854-4_19
42. Sujatha M. And Dutta Gupta S. Tissue Culture and Genetic Transformation of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). S.M. Jain and S. Dutta Gupta (eds.). *Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops-Springer Science+Business Media Dordrecht*, 2013, pp. 297-318. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5500-0_12
43. Srinivas Belide, Luch Hac, Surinder P Singh, Allan G Green, Craig C Wood. Agrobacterium-mediated transformation of safflower and the efficient recovery of transgenic plants via grafting. *Plant Method.*, 2011, pp. 7-12. Available at: <http://dx.doi.org/10.1186/1746-4811-7-12>
44. Motamedi Ja., Zebarjadi A., Kahrizi D., Salmanian A.H. In vitro propagation and Agrobacterium-mediated transformation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) using a bacterial mutated aro A gene. *Australian Journal Crop Science*, 2011, vol. 5, no. 4, pp. 479-486.
45. Sugimori Y., Funakawa S., Pachikin K. M., Ishida N., Kosaki T. Soil salinity dynamics in irrigated fields and its effects on paddy-based rotation systems in Southern Kazakhstan. *Land degradation and development*, 2008, vol. 19, no. 3, pp. 305–320. Available at: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.843>
46. Agentstvo Respubliki Kazahstan po statistike 2013[Kazakhstan Agency for Statistics 2013]. Available at: www.stat.kz
47. Analiticheskaja zapiska k operativnomu otchetu po monitoringu Programmy po razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Kazahstan na 2010–2014 gody za 2012 god [Analytical note to operational report on the monitoring program for the development of agriculture in the Republic of Kazakhstan for 2010-2014 years for 2012]. Available at: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cjnsVZ4GxvcJ:mgov.kz/wp-content/uploads/2013/03/analyticheskaya-zapiska.docx+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=kz>
48. Kazakhstan: V Almatinskoy oblasti otkryt zavod po pererabotke soi [Kazakhstan: Almaty oblast open soybean processing plant]. Available at: www.kazakh-zerno.kz
49. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushhennyh k ispol'zovaniju v Respublike Kazahstan [State register of breeding achievements permitted for use in the Republic of Kazakhstan]. Available at: online.zakon.kz-2012.
50. Ortaev A.K., Zhamalbekov M.N., Konyrbekov M. Rekomendacija: *Kollekcionnye i selekcionnye fondy saflora, racionalnoe ispolzovanie, semenovodstvo i tehnologija vozdeľvanija saflora* [M. Recommendation: Collection and breeding funds safflower, rational use, seed and safflower cultivation technology]. Saryagash, 2011, pp. 15.

ТҮЙІН

Мақсары өсірудің коммерциялық тартымдылығы оның құрғақшылыққа төзімділігінің жоғарылығына және алынатын майдың жоғары сапасына негізделеді. Мақсарының ерте кезден белгілі болуына қарамастан, бұл дақыл осы уақытқа дейін аз зерттелген болып табылады. Өсірілетін өңірге байланысты мақсары морфологиялық белгілері, майының мөлшері мен құрамы бойынша барынша әр түрлі болып келеді. Шолуда мақсарының көп мақсатқа - малдар мен құстар үшін азық ретінде, сондай-ақ медицинада және тамақ өнімдерін өндіруде пайдаланылатындығы жөнінде деректер келтіріледі. Соңғы уақытта онда поликаныққан май қышқылдары деңгейінің жоғарылығынан оның пайдалы болып табылуына байланысты мақсары майына қажеттілік өсуде. Өнеркәсіптік пайдалану үшін мақсары майында олейн және линолен май қышқылдарының белгілі бір үйлесіміне ие сорттарын алу бойынша селекцияның рөлі артады. Мақсарыны селекциялау нәтижелілігін арттыру үшін молекулалық маркерлерді, генетикалық инженерия әдістерін қолданудың, сондай-ақ жасушалар өсіріндісі мен тіндерді пайдаланудың болашағы зор. Молекулалық маркерлер мақсары үшін

филогенетикалық туыстықты және *Carthamus tinctorius* түрінің шығу тегін зерттеу, сорттардың коммерциялық пайдаланылуын - тағамдық немесе техникалық бағыттарын бақылау, сондай-ақ нақты бағалы селекция белгілерімен байланысты гендерді және локустарды анықтау үшін пайдаланылады. Аталық гаметофит өсіріндісін пайдалану әдісі гомозиготалық сорттармақтар алуда жетістікке ие. Генетикалық инженерия әдістерін қолдану, мақсарының олейн қышқылының деңгейі жоғары және жаппай әрекет ететін гербицидтерге төзімді сорттарын алуға мүмкіндік береді. Қазақстанда мақсары өсірудің жетістіктері мен мәселелері айқындалуда.

Кілтті сөздер: мақсары, селекция, май қышқылдары, ДНҚ маркерлері, аллель, майлылығы, ұлпа дақылы, микроспоралар, генетикалық инженерия, медицина.