



**БИОМИКА/BIOMICS**

<http://biomics.ru>



## КОК-САГЫЗ: ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

<sup>1</sup>Гаршин М.В., <sup>1</sup>Картуха А.И., <sup>2</sup>Кулуев Б.Р.

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, Уфа, [garshin.mixail@yandex.ru](mailto:garshin.mixail@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук, [kuluev@bk.ru](mailto:kuluev@bk.ru)

### Резюме

Данный обзор посвящен перспективному для возделывания в России каучуконосному растению кок-сагызу (*Taraxacum kok-saghyz*). Это растение широко культивировалось в 30-40-е годы XX века на территории СССР в качестве каучуконоса №1. В те годы кок-сагыз был очень хорошо изучен советскими учеными и практиками сельского хозяйства. За 15 лет культуры кок-сагыза удалось значительно повысить его урожайность, а также были созданы культурные сорта этого растения. В советские годы были разработаны основные агротехнические приемы возделывания этого растения и промышленного производства отечественного натурального каучука. В связи с ростом мирового спроса на натуральный каучук в XXI веке наблюдается новый всплеск интереса к кок-сагызу, в первую очередь, в Западной Европе и Северной Америке. Исходя из соображений импортозамещения и ресурсной безопасности, идея возвращения в культуру кок-сагыза в России также представляется весьма актуальной. Возделывание кок-сагыза в СССР было прекращено из-за появления новых технологий получения синтетического каучука, а также довольно низкой рентабельности производства, однако использование современных достижений науки и техники может обеспечить экономическую целесообразность промышленного выращивания кок-сагыза в России.

**Ключевые слова:** натуральный каучук, кок-сагыз, *Taraxacum kok-saghyz*, гидропоника, аэропоника, генно-модифицированные растения, трансгенные растения

### Введение

Натуральный каучук - конкурентный материал с большим потенциалом технических возможностей. Несмотря на широкое распространение синтетического каучука, натуральный каучук остается незаменимым во многих областях, например, в производстве крупногабаритных шин, которые могут выдерживать нагрузки до 75 тонн. К примеру, содержание натурального каучука в авиационных шинах достигает 100%, что превращает природный каучук в стратегическое сырье. Многие фирмы-производители изготавливают покрышки для шин даже легковых автомобилей из смеси натурального и синтетического каучука [Каратаева, Мукаев, 2012]. Только добавление натурального каучука в

состоянии обеспечить необходимые эксплуатационные параметры автомобильных шин - их доля в составе смеси для легковой покрышки составляет обычно 15-20%, а для грузовой доходит до 30-40% [Чалдаева, Хусаинов, 2013]. Долю натурального каучука обычно повышают при эксплуатации шин в условиях холода, например, зимние шины компании Nokian Tyres, предназначенные для продажи в странах с холодным климатом, содержат высокий процент натуральной резины. Это объясняется тем, что натуральный материал более стабилен при изменении температуры воздуха. При низкой температуре шины с высоким содержанием натурального каучука обеспечивают лучшее сцепление с дорожным покрытием [Чалдаева,

Хусаинов, 2013]. В целом, более 60% производимого в мире натурального каучука применяется в производстве автомобильных шин, поэтому прогнозируется дальнейший ежегодный рост спроса на данный вид сырья, который не всегда удаётся удовлетворить при помощи традиционных технологий производства. Натуральный каучук также применяется в различных элементах машин, при изготовлении конвейерных лент высокой прочности, антикоррозийных покрытий котлов и труб, клея, тонкостенных высокопрочных мелких изделий, медицинского оборудования и т.д. Спрос на натуральный каучук за последние годы неуклонно растёт [Кулуев и др., 2015], поэтому его производство остается вполне рентабельным. Себестоимость продукта дает возможность получать доход даже при сравнительно низкой продажной цене.

Основным производителем натурального каучука в мире является Юго-Восточной регион Азии, где добывается 95% этого сырья. Естественным продуцентом каучукодержащего латекса является гевея (*Hevea brasiliensis*), которая на сегодняшний день является почти единственным источником натурального каучука, однако это дерево подвержено опаснейшему заболеванию, вызываемому грибом *Microcyclus ulei* из отдела аскомицетов, способным за короткий срок уничтожить массу деревьев. Именно этот грибок стал причиной гибели многих плантаций гевеи на их родине в Южной Америке. В случае попадания спор этого гриба в Юго-Восточную Азию и гибели основных плантаций гевеи натуральный каучук может совсем исчезнуть из рынка, что для промышленности нашей страны и всего мира будет иметь катастрофические последствия. Тем более, что натуральный латекс с плантаций гевеи можно собирать только через 6 лет после посадки деревьев. То есть для восстановления плантаций гевеи необходимо много времени. К тому же в последние годы начали появляться экономические прогнозы, говорящие о подорожании натурального каучука, что связано, в первую очередь, с возможным вымиранием плантаций гевеи из-за различных заболеваний [Кулуев и др., 2015].

Опыт производства натурального каучука в СССР в XX веке говорит, что наиболее экономически рентабельной альтернативой гевее является одуванчик кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz*, который в зарубежной литературе часто называют *Russian dandelion* – «Русский одуванчик». Натуральный каучук из кок-сагыза по свойствам ничуть не уступает каучуку из гевеи, по некоторым

параметрам он даже его превосходит. Помимо каучука кок-сагыз содержит в своих корнях еще и ценный продукт – инулин, который служит источником для получения такого важного и необходимого для диабетиков углевода как фруктоза.

Исходя из сегодняшней мировой экономической ситуации, можно предполагать, что цены на натуральные каучуки, полученные из одуванчика и из гевеи будут вполне сопоставимыми. Однако даже если гевейный каучук окажется более дешевым, главным преимуществом кок-сагыза является то, что его можно возделывать на обширных территориях умеренной зоны России [Филиппов и др., 1948], что очень важно в свете решения проблем импортозамещения и ресурсной безопасности.

#### **Кок-сагыз – альтернативный источник натурального каучука**

Кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*) – многолетнее травянистое растение семейства сложноцветных, внешне очень похожее на широко распространенное по всему миру растение – одуванчик полевой (*Taraxacum officinale*). Кок-сагыз развивает стержневой корень, укороченный стебель высотой 10-16 см, трубчатые цветоносы и розетку листьев. В естественных условиях растение произрастает в Средней Азии, на территории Казахстана, Киргизии и Узбекистана, распространено в межгорных долинах Восточного Тянь-Шаня, натурализовано в Австралии на острове Тасмания. Кок-сагыз обычно растет на высоте от 1800 до 2100 метров над уровнем моря и характеризуется морозо- и жароустойчивостью [Бол. сов. энциклопедия, 1969—1978.]. Почвы, в которых произрастает кок-сагыз, часто характеризуются средней или малой степенью солончаковости, большой гумусностью и высокой влажностью [Филиппов и др., 1948]. В природе кок-сагыз довольно редкое, эндемичное растение, занесено в Красную книгу Республики Казахстан.

Листья у кок-сагыза, в отличие от одуванчика лекарственного, обычно сизо-зеленые, мясистые, без опушения, без воскового налета, с ярко выраженной срединной жилкой [Филиппов и др., 1948]. Различают три формы кок-сагыза: цельнокрайнолистную, надрезолистную и рассеченолистную. Но это деление условное так, как на плантациях кок-сагыза встречаются не только эти три его формы, но и все переходные между ними. Многочисленными опытами доказано, что растения с рассеченными листьями имеют более крупные корни, чем растения с цельнокрайними листьями [Филиппов и др., 1948].

Края листа кок-сагыза, как правило, не имеют каких-либо заметных зубцов, в отличие от обыкновенных, некаучуконосных одуванчиков, которые всегда имеют по краям листовой пластинки острые зубцы различной формы и величины. Растения кок-сагыза различаются также по мощности и форме розетки листьев. Встречаются розетки содержащие от десятков до сотен, различно расположенных – от вертикально приподнятых до распланных, прижатых к земле листьев. От основания розетки листьев кок-сагыза отходят круглые, полые внутри (трубчатые), безлистные цветоносы. На верхушке каждого цветоноса, в общем цветоложе, скученно сидят цветки, образуя соцветие – одиночную корзинку. У основания цветоложа с наружной стороны отходят листочки, окаймляющие соцветие. Эти листочки, расположенные в два ряда, образуют общую обёртку соцветия. Цветки кок-сагыза желтые. При созревании семян корзинка кок-сагыза раскрывается в «шар». Плод кок-сагыза – маленькая семянка, к которой прикреплен хохолок на длинной

тонкой ножке, способствующий переносу семян ветром.

Многие растения продуцируют латекс в качестве защитного механизма, но латекс в растениях может также обладать дополнительными функциями. В настоящее время значение каучука для растений остается дискуссионным вопросом, однако точно известно, что ни латекс, ни каучук не используются растениями в качестве запасных питательных веществ [Wahler, 2012]. Латекс кок-сагыза имеет ряд особенностей по сравнению с латексом гевеи. Значительную часть сухого вещества латекса кок-сагыза составляют растворимые в воде сахара и азотистые вещества. Частицы каучука имеют сферическую форму, причем диаметр видимых в микроскоп частиц колеблется в пределах от 0,5 до 1,6 мкм. На воздухе латекс быстро коагулирует [Догадкин, 1947].

Содержание каучука во всем растении в целом составляет примерно 14%, но каучук распределен по растению не равномерно (табл. 1) [Прокофьев, 1934].

Таблица 1

Содержание каучука и смол в различных органах кок-сагыза

Часть растения	Содержание каучука, %	Среднее содержание каучука, %	Содержание смол, %	Среднее содержание смол, %
Корень	2,98-27,89	17,00	2,90-11,07	5,48
Надземная масса	0,12-3,50	1,33	7,66-12,96	10,70
Все растение	2,61-19	13,8	3,80-11,38	6,58

#### Опыт культивирования кок-сагыза в СССР

Бурное развитие автомобильной и авиационной промышленности в конце XIX – начале XX вв. остро поставило вопрос о широкомасштабном производстве каучуков. В этот период резинотехническая промышленность базировалась на применении натурального каучука, получаемого, главным образом, из сока гевеи (*H. brasiliensis*).

Россия не имела собственного каучука и в этом отношении полностью зависела от стран-поставщиков каучука. Чистый импорт натурального каучука в СССР в 1938 г. составлял по данным статистического бюллетеня Международного комитета по регулированию производства натурального каучука 27228 т. И.В.Сталин в своем выступлении 4 февраля 1931 г. на первой Всесоюзной конференции работников социалистической промышленности сказал: «У нас имеется в стране все, кроме разве каучука. Но через год-два и каучук мы будем иметь в своем распоряжении». После этого выступления, задачи

ученых и производственников получили конкретное очертание, в том числе и по срокам. Для решения проблемы производства отечественного каучука одним из быстрых и перспективных путей решения задач ученые СССР считали поиск и разведение растений-каучуконосов. В 1931 г. в горных долинах Тянь-Шаня (Казахстан) В. Спиваченко и В. Буханевичем было найдено каучуконосное растение – кок-сагыз. В местах естественного произрастания кок-сагыза корни его содержали от абсолютно сухого их веса до 12-15% каучука. Кроме того, исследования ученых показали, что кок-сагыз неплохо поддается окультуриванию [Кутузова, 2015], так как характеризуется дружными всходами, интенсивным вегетационным ростом и уже в первый год выращивания можно собирать урожай корней. В производстве кок-сагыза, являющегося основным сырьем для производства натурального каучука в 30-40-х годах XX века, огромное значение имело, прежде всего, возможность его возделывания на обширных территориях СССР [Скоропанов, 1949]. Вначале посевы кок-сагыза проводились в

Казахстане на территориях, прилегающих к районам природного произрастания. Затем посевы были перенесены в Запорожскую и Курскую области. С 1934 г. начали засеивать кок-сагыз в колхозах Тульской и Ярославской областей. В последующие годы поля кок-сагыза были засеяны в северных областях Украины, средней полосе России и Белоруссии. В целом, география размещения посевов кок-сагыза была обширна. Наиболее благоприятные условия для его выращивания представляли лесостепи и полесье Европейской части СССР, а также ряд областей Украины, Белоруссии и центральной полосы европейской части РСФСР (Курская, Орловская, Владимирская, Горьковская, Тульская, Рязанская области, Чувашская, Башкирская, Татарская, Мордовская АССР) [Половенко, 1950]. Площади посева кок-сагыза стали стремительно расширяться. В 1936 г. по сравнению с 1935 г. они возросли на 13,5%, в 1937 г. – на 146%, в 1938 г. – на 40,8%, в 1939 г. – на 5,92% и в 1940 г. – на 15,31% соответственно. Таким образом, площадь посевов кок-сагыза за пять лет возросла в 15 раз [Филиппов, 1953].

С одного гектара однолетних плантаций кок-сагыза можно собрать около 80 ц корней кок-сагыза, в пересчете на каучук это составляет 176 кг с гектара [Шквар, 1948]. В советское время были разработаны все основные агротехнические приемы возделывания кок-сагыза [Филиппов и др., 1948], а также применялись различные методы селекции [Вавилов, 1937]. Весьма перспективной разработкой в этом направлении, пожалуй, является создание советскими учеными высокопродуктивного полиплоидного сорта кок-сагыза [Навашин, Герасимова, 1941].

Кроме применения методов селекции урожайность кок-сагыза увеличивали путем обработки почвы минеральными удобрениями, в частности, сульфатом цинка [Больш. сов. энцикл. 3-е изд, 1969—1978]. В разных областях РСФСР применялись как ручные орудия труда, так и механические. Посев и прополку во многих колхозах проводили вручную или с применением тягловой силы. В целом, анализ литературы позволяет делать выводы о том, что при возделывании кок-сагыза в СССР довольно часто применялся ручной труд, что существенно снижало рентабельность данной культуры. Основная обработка почвы того времени была направлена на очищение полей от сорной растительности и сохранение почвенной влаги. Использовали такие агротехнические приемы как вспашка и лущение стерни. Перед посевом семян кок-сагыза почву обычно бороновали, вносили органические (птичий помет и навоз) и минеральные удобрения (например, зола).

Очень важной технической операцией является стратификация семян одуванчика. В природе семена кок-сагыза сразу после созревания обладают очень низкой всхожестью и лишь после длительного воздействия низких температур во влажном состоянии приобретают способность к быстрому и дружному прорастанию [Филиппов и др., 1948]. Видимо поэтому практика 30-х годов XX века показывала, что семена у кок-сагыза без соответствующей подготовки всходят недружно и растянуто. Для решения этой проблемы была разработана методика искусственной стратификации, которая занимала 20-30 дней. Для этого семена кок-сагыза засыпали в мешки на  $\frac{1}{4}$  объема, после чего замачивали их в течение 3 часов, а затем помещали мешки на лед. Для этого использовали специальные погреба-ледники. Температура при стратификации должна быть от 0 до  $+2^{\circ}\text{C}$ , тогда как оптимальная температура прорастания семян –  $+25-30^{\circ}\text{C}$  [Филиппов и др., 1948].

Семена кок-сагыза очень мелкие, их можно высевать на глубину не больше 1,5 см. Как правило, на 1 га требовалось от 3 до 5 кг семян кок-сагыза. Высеивали семена рядовыми и широкополосными посевами дисковыми сеялками ОКДС-12, оборудованными специальными ограничителями глубины заделки семян. Кроме этого, Т.Д.Лысенко было предложено проводить гнездовой посев кок-сагыза. При гнездовом посеве значительно снижались затраты труда и облегчался уход за растениями и выкопка корней [Половенко, 1950].

Таким образом, исследования советских ученых и агрономическая практика показали, что именно кок-сагыз из всех выявленных растений-каучуконосов СССР наиболее легко поддается окультуриванию и дает высокий урожай корней с наибольшим содержанием каучука уже в первый год и может произрастать во многих районах России.

#### **Производство натурального каучука из корней кок-сагыза. Методы выделения и изучения натурального каучука из кок-сагыза**

В ткани каучуконосных растений каучук включен в виде твердых или полужидких образований. В корнях кок-сагыза количество водорастворимых веществ доходит до 60%. Именно поэтому первая стадия выделения каучука из корней кок-сагыза обычно включает обработку горячей водой. Помимо того, что таким путем из корней может быть удалено до 60% посторонних веществ, корни, благодаря такой обработке, становятся легко

разрушаемыми при последующем механическом воздействии.

Основной задачей дальнейшей обработки корней являлось отделение каучука от тканей растений. Это может быть выполнено двумя основными способами:

а) механическим способом - путем измельчения тканей и последующего отделения их от каучука;

б) химическим способом - путем химического разрушения тканей при помощи реагентов (щелочей), не влияющих на каучук, с последующим выделением каучука из образующейся жидкой смеси (суспензии).

К химическим методам относится также экстракционный метод: каучук переводят в раствор при помощи растворителей, не действующих на другие компоненты растительного сырья, с последующим выделением каучука из растворов. Для выделения полезного продукта - каучука - необходимо как можно полнее нарушить его связь с соответствующими элементами растительной ткани. В известной мере этому способствует предварительное дробление или разрыхление сырья, которое применяется как подготовительная операция и при химических методах производства [Бобков, 1948]. Наиболее полного использования органической массы корня достигают при одновременной выработке каучука и спирта. При этом углеводород каучука и смолы отделяют от других частей корня и получают натуральный каучук, а из углеводов вырабатывают этиловый спирт. Не каучуковые компоненты корня удаляют последовательной обработкой материала, этапы которой показаны на рисунке 1.

Операции по подготовке корней к выработке каучука и спирта заключаются в извлечении из них водорастворимых компонентов, в том числе и инулина, осахаривании (гидролизе) инулина до фруктозы и в получении мезги.

В результате обработки корней кок-сагыза получают:

- концентрат каучука, состоящий из углеводорода каучука и смол и содержащий небольшое количество различных примесей;

- твердый отход (шламы), состоящий из различной величины частиц тканей корня, содержащий небольшое количество углеводорода каучука и смол;

- жидкий отход, состоящий из воды, растворенных в ней реагентов, продуктов разрушения составных частей корня, содержащий небольшое количество углерода каучука и смол.

Концентрат каучука может быть получен:

- 1) из суспензии, приготовленной по щелочному способу – флотацией или центрифугированием;
- 2) из суспензии, приготовленной развариванием биохимически обработанной мезги – центрифугированием;
- 3) из суспензии, приготовленной измельчением мезги на шаровой мельнице – классификацией на сите.

Листы каучука получают в результате пропуска концентрата каучука последовательно через промывание, а затем через листовальные вальцы. Товарный каучук получается в результате сушки влажных листов каучука.

Были также разработаны различные лабораторные методы выделения натурального каучука из корней кок-сагыза. С этой целью обычно вначале выделяют млечный сок из корней кок-сагыза. Для этого корни необходимо измельчить, например, пропустив через мясорубку или терку, полученную массу необходимо завернуть в несколько слоев бинта и отжать. В полученный сок добавляют немного дистиллированной воды и 0,5 г сульфата аммония. После размешивания смеси и добавления к ней этилового спирта, выделяются капельки каучука. Несколько капель каучука растворяют в бензине и к части этого раствора добавляют раствор перманганата калия. Раствор при этом должен обесцветиться, что свидетельствует о непредельных свойствах каучука. Вторую часть раствора осторожно выпаривают на предметном стекле. После удаления растворителя на стекле остается пленка каучука [Виссарионова, 2008]. Таким образом, первая стадия выделения каучука из кок-сагыза заключается в измельчении корней при помощи различных приспособлений. Далее для экстракции каучука применяют такие органические растворители, как уксусная кислота, ацетон, трихлоруксусная кислота, циклогексан и другие [Spano et al., 2012]. После этапов экстракции и центрифугирования для осаждения натурального каучука может быть применен этиловый спирт или же метод высушивания в условиях вакуума.

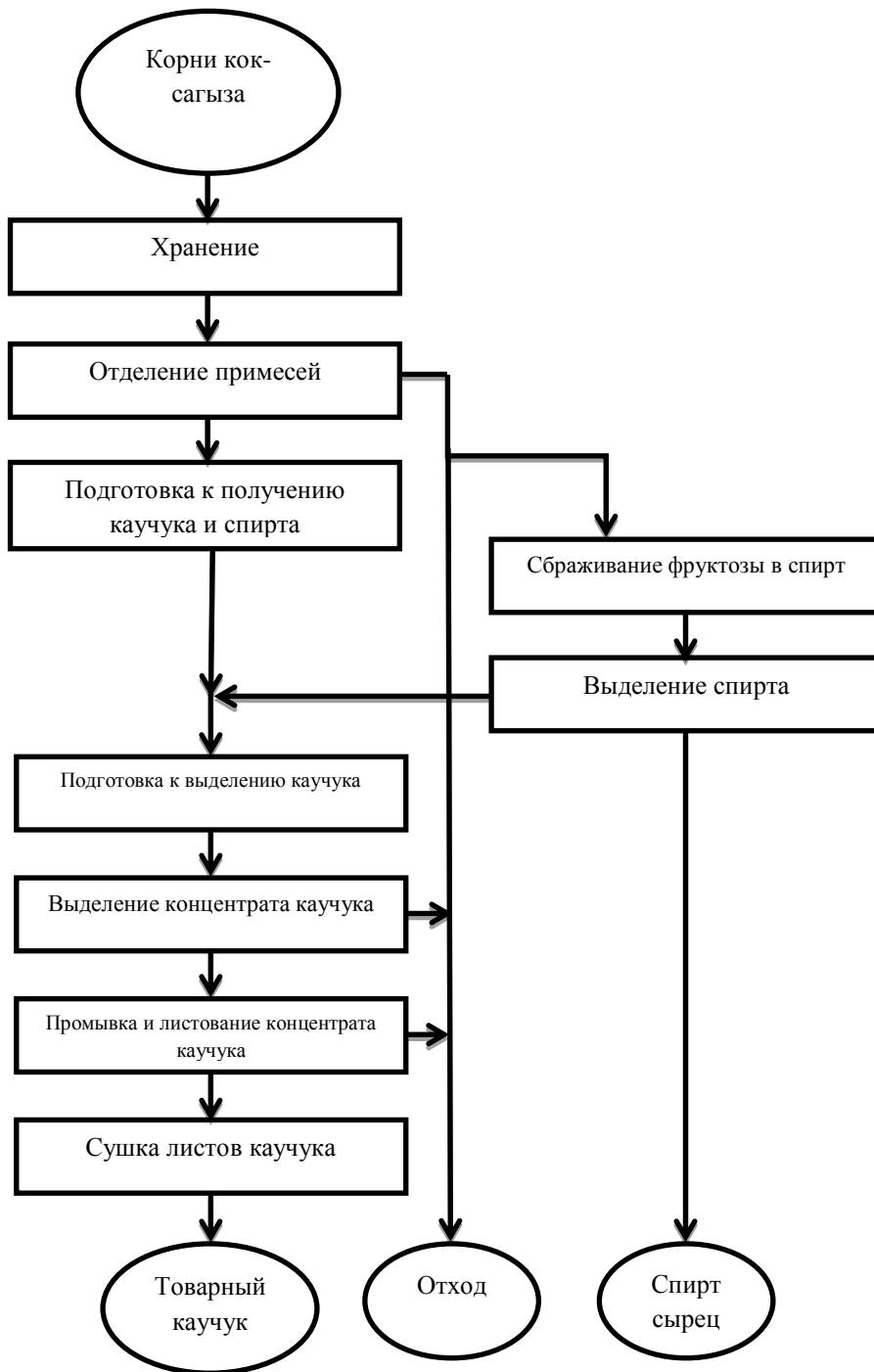


Рис. 1. Последовательность этапов переработки корней кок-сагыза в каучук и спирт.

### **Перспективы возделывания кок-сагыза в России с использованием современных технологий**

Кок-сагыз достаточно легко поддается окультуриванию. Он дает высокий урожай корней с наибольшим содержанием каучука в первый год и может произрастать во многих районах РФ [Рахманкулов, 2007]. Так как кок-сагыз влаголюбивое растение его нужно размещать преимущественно на полях с хорошим увлажнением, очень высокие урожаи одуванчик может давать на окультуренных торфяниках [Скоропанов, 1949]. Кок-сагыз хорошо произрастает в условиях годового количества осадков 420 - 600 мм при равномерном распределении их за вегетацию. Высокие урожаи кок-сагыз даёт на структурных почвах, особенно на низинных пойменных участках, с близким стоянием грунтовых вод, а также на окультуренных торфяниках. Достаточное и равномерное увлажнение почвы (до 80% от полной влагоёмкости) в период вегетации кок-сагыза сказывается на его развитии очень благоприятно.

В Северной Испании были проведены испытания разных режимов орошения кок-сагыза. Наблюдалось только значительное влияние на процент содержания резины в кок-сагызе при ирригации плантаций, в то время как существенного влияния на содержание инулина, производство биомассы и других морфологических признаков обнаружено не было. Дополнительное водоснабжение для оптимального роста не является необходимым для оптимального развития кок-сагыза при местных погодных условиях. Сильная положительная корреляция наблюдалась между сухой и сырой массой корней и листьев, и от слабой до умеренной отрицательная корреляция между процентным содержанием каучука и инулина [Agiás, 2016].

Высокие температуры воздуха и почвы действуют на развитие кок-сагыза отрицательно. Поэтому, например, в полупустынной зоне Средней Азии, даже при искусственном орошении, урожаи получаются невысокие и с пониженным содержанием каучука. В этих условиях кок-сагыз растёт немногим более двух месяцев, после чего сбрасывает розетку листьев и под влиянием высоких летних температур воздуха и сухости почвы уходит в покой. Как уже говорилось выше, лучшие почвы для кок-сагыза - мощные, обыкновенные и выщелоченные чернозёмы и особенно осушенные торфяники. Лучшими по механическому составу почвами для кок-сагыза являются лёгкие суглинки. Непригодны под посев лёгкие супеси, кислые и засоленные почвы.

На развитие и рост кок-сагыза сильно влияет сорная растительность, поэтому существует

необходимость в подборе наименее засоренных полей [Филиппов и др., 1948]. Легче всего на посевах кок-сагыза бороться с однодольными сорняками. Однако большую проблему доставляют и сорняки относящиеся к классу двудольных. Эта проблема может быть решена путем создания ГМ-сортов кок-сагыза, характеризующихся устойчивостью к гербицидам. Имеются у кок-сагыза и вредители: серый долгоносик, земляные блошки, луговой мотылек, одуванчиковая тля, озимая совка и другие [Филиппов и др., 1948]. В связи с этим, создание инсектоустойчивых трансгенных растений кок-сагыза также является актуальной задачей.

Согласно законодательству России в нашей стране до сих пор запрещено промышленное выращивание генно-модифицированных культур. Этот запрет часто связывают с возможным вредом, который теоретически могут нести ГМР (генетически модифицированные растения). Однако на сегодняшний день не опубликовано ни одного серьезного научного исследования, доказывающего вред ГМР. Напротив, в литературе имеется множество научных данных, доказывающих безвредность ГМР и ошибочность взглядов об их вредоносности [Чемерис и др., 2014, 2015]. В связи с этим, можно предполагать, что в скором будущем в России все же разрешат выращивать ГМР. Более того, кок-сагыз относится к техническим культурам, поэтому существующий запрет на выращивание ГМО в нашей стране не должен распространяться на трансгенные растения кок-сагыза. Безусловно, при планировании возделывания трансгенных растений кок-сагыза необходимо учитывать, что они потенциально могут переопыляться с дикими видами одуванчика. Однако на сегодняшний день разработано множество различных технических приемов, которые позволяют минимизировать возможный экологический вред ГМ-культур, связанный с переопылением и распространением семян [Михайлова и др., 2015].

Для того чтобы выращивать кок-сагыз на полях, сельхозпредприятию достаточно иметь лишь овощную сеялку точного высева и агрегат для копки корней. Однако проблемы могут возникнуть со сбором семян. Первая проблема - это не равномерность зацветания растений, но при правильной стратификации и одинаковых условиях выращивания формирование семян можно частично синхронизировать. Помимо холодовой стратификации можно использовать различные фитогормоны для одновременной стимуляции прорастания семян или начала цветения. Для этих целей наиболее подходящими являются стимуляторы роста, содержащие фитогормон гиббереллин. Так же в ближайшие годы возрастает актуальность

применения лазеров в сельском хозяйстве для стимуляции прорастания семян и роста растений [Hernandez-Aguilar, 2016]. Другая проблема, связанная с семенами, это разработка специальной техники для сбора мелких и легких семян кок-сагыза. Применение большинства известных методов сбора таких семян будет приводить к накоплению лишнего мусора, что в дальнейшем увеличит количество стадий по обработке семян. Поэтому разработка специального комбайна для сбора семян кок-сагыза путем их всасывания по типу пылесоса является также актуальной задачей. При этом в Германии и США подобные агрегаты уже созданы.

Чтобы собрать высокий урожай корней кок-сагыза (100 ц с гектара), необходимо выращивать до одного миллиона и больше растений на гектаре. Уборка такого громадного количества корней из почвы и очистка их от ботвы и почвы являются весьма трудоемким и сложным делом [Филиппов и др., 1948]. К тому же необходимо напомнить проблему с сорняками и вредителями, которая могла бы решаться при помощи создания ГМО, однако в нашей стране таковые пока запрещено выращивать. Таким образом, сельскохозяйственное выращивание кок-сагыза в России сопряжено с большим количеством проблем. Исходя из этого, на сегодняшний день весьма перспективным представляется использование аэропонной и гидропонной систем выращивания каучуконосов. Гидропоника – это особый способ выращивания растений без почвы, при котором культура получает из водного раствора все необходимые питательные вещества в нужных количествах и точных пропорциях, что почти невозможно осуществить при почвенном выращивании [Гребнева, 2011]. Применение гидропонного способа выращивания в сельском хозяйстве дает более быструю окупаемость вложенных затрат. Аэропоника имеет сходства с гидропоникой, однако основной принцип аэропонного выращивания растений — это распыление аэрозолей в закрытых или полужакрытых средах питательного, богатого минеральными веществами, водного раствора. Само растение закрепляется опорной системой, а корни просто висят в воздухе, орошаемые питательным раствором. Смесь подается к корням непрерывно или через короткие промежутки времени так, чтобы корни не успевали высохнуть. Листья и ствол растения изолированы от зоны распыления. При таком подходе среда остаётся свободной от вредителей и болезней, связанных с почвой, а значит растения могут расти здоровыми и быстрее, чем растения, выращенные в почве. Использование аэропонии позволяет создавать полностью автоматические системы выращивания растений, которые

значительно проще систем с использованием субстрата. Кроме того гидро- и аэропоника исключают сезонность в выращивании растений, и позволяют эффективно управлять накоплением вторичных метаболитов (биологически активных компонентов). При использовании данных технологий можно за один год наработать биомассу в 6 раз больше, чем при выращивании традиционными методами. Основными преимуществами данных технологий является возможность круглогодичного производства в независимости от погодных условий, отсутствие проблем с сорняками, с вредителями и со сбором семян. Гидро- и/или аэропонное выращивание кок-сагыза позволяет также избежать возможный экологический вред от его переопыления и распространения семян в агроэкосистемах, что позволяет использовать в таких условиях трансгенные сорта этого растения с повышенной продуктивностью. Кок-сагыз от природы характеризуется маленькими размерами корней, средний вес которых не превышает 2-10 г. [Филиппов и др., 1948]. Для решения этой проблемы, например, могут быть получены трансгенные растения кок-сагыза с увеличенными размерами органов [Кулуев, 2012а]. При этом генная инженерия и селекция кок-сагыза должна быть направлена на получение единого большого корня, сходного с корнеплодом моркови, что актуально не только для аэро-, гидропонного выращивания, но и при возделывании на полях. Для повышения содержания натурального каучука в корнях могут быть задействованы различные гены, кодирующие ключевые ферменты, вовлеченные в биосинтез каучука [Кулуев и др., 2015]. При этом может оказаться достаточным увеличение уровня экспрессии своих собственных генов кок-сагыза в гомологичных условиях с использованием конститутивных промоторов [Кулуев, 2012б]. Ключевым ферментом биосинтеза каучука является так называемая магний-зависимая каучуктрансфераза из класса *cis*-пренилтрансфераз (CPT – *cis*-prenyltransferase). У большинства каучуконосных растений эта группа ферментов кодируется несколькими генами, однако на данный момент в литературе отсутствует однозначная информация о том, с экспрессией каких именно генов *CPT* ассоциировано повышенное содержание каучука в корнях кок-сагыза. Однако необходимо отметить, что исследования генов, кодирующих *cis*-пренилтрансферазы одуванчиков и прочих ферментов и белков, задействованных в биосинтезе каучука весьма интенсивно ведутся во многих странах, в первую очередь в США и Западной Европе [Stolze et al., 2010; Hillebrandt et al., 2012; Post



et al., 2012; Fricke et al., 2013; Laibach et al., 2015; Kwon et al., 2016 и др.].

Известно, что одуванчики могут естественным образом регенерироваться из корневых фрагментов, поэтому их можно размножить вегетативно. Вегетативный метод поможет ускорить развитие гидро- и/или аэропонного производства кок-сагыза в промышленных масштабах. Поэтому разработка эффективных методов вегетативного размножения кок-сагыза, в том числе через культуру тканей и органов [Zhang, 2015] также представляет большой интерес.

#### Заключение

Кок-сагыз – одно из наиболее перспективных растений-каучуконосов, пригодных для промышленного выращивания на территории России. Применение современных технологий сельского хозяйства, включая гидропонные и аэропонные системы, а также использование современных достижений биотехнологии и генной инженерии растений, могут способствовать существенному повышению рентабельности этой культуры, по сравнению с опытом СССР середины XX века. Едва ли отечественный натуральный каучук из кок-сагыза покроет весь спрос российской промышленности, однако возделывание этой культуры, безусловно, может обеспечить дополнительным сырьем шинные заводы и другие предприятия РФ. Постоянная практика возделывания кок-сагыза и производства отечественного натурального каучука важна не только в рамках реализации программ импортозамещения, но и для обеспечения ресурсной и стратегической безопасности России в будущем.

#### Литература

1. Бобков П.К. Производство каучука из кок-сагыза. Государственное научно-техническое издательство химической литературы. Москва. 1948 г. 283 с.
2. Виссарионова Ю. Получение натурального каучука из одуванчика лекарственного и изучение его свойств // Конкурс исследовательских работ «Первые шаги в науку». 2008.
3. Гребнева А.Н. Гидропонный способ выращивания растений // Вестник ИрГСХА. 2011. № 45. С. 10–14.
4. Догадкин Б.А. Химия и физика каучука. М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы. 1947. 421с.
5. Каратаева М.Б., Мукаев С.Б. Кок-сагыз: национальное достояние и перспективы

промышленного развития // Вестник НАН РК. 2012. №3.

6. Кок-сагыз // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия. 1969–1978.
7. Культура каучуконосов в СССР / под ред. Д.И. Филиппова, А.А. Ничипоровича, Д.М. Аксельрода. Москва: Сельхозгиз. 1948. 360 с.
8. Кулуев Б.Р. Генетическая регуляция величины органов у растений // Биомика. 2012а. Т. 2. №1. С. 33–47.
9. Кулуев Б.Р. Каулимовирусы и их полногеномные промоторы // Биомика. 2012б. Т. 4. №1. С. 1–19.
10. Кулуев Б.Р., Гарафутдинов Р.Р., Максимов И.В., Сагитов А.М., Чемерис Д.А., Князев А.В., Вершинина З.Р., Баймиев Ан.Х., Мулдашев А.А., Баймиев Ал.Х., Чемерис А.В. Натуральный каучук, его источники и составные части // Биомика. 2015. Т.7. С.224-283.
11. Кугузова С.Н., Брач Н.Б., Конькова Н.Г., Гаврилова В.А. Кок-сагыз - *Taraxacum kok-saghyz* (*Asteraceae*, *Compositae*) - источник ценного растительного сырья для резиновой, пищевой и фармацевтической промышленности // Биосфера. 2015. Т. 7. № 4. С. 392–402.
12. Михайлова Е.В., Кулуев Б.Р., Хазиахметов Р.М. Оценка возможности гибридизации генетически модифицированного рапса с родственными нетрансгенными растениями // Экологическая генетика. 2015. Т. 13. №2. С. 100–117.
13. Навашин М.С., Герасимова Е.Н. Получение тетраплоидов у кок-сагыза и его практическое значение // Докл. АН СССР. 1941 Т. 31. С. 47–50.
14. Половенко И.С., Филиппов Д.И., Правдин Ф.Н., Фурман Л.М. Кок-сагыз. Москва: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. 1950. 167 с.
15. Прокофьев А.А. Распределение каучука в корнях тау-сагыза // Советские каучуки. 1934. №3, С.4.
16. Рахманкулов Д.Л., Удалова Е.А., Курас М.В. Исторические аспекты использования альтернативных видов углеводородного сырья для производства натурального каучука. Сообщение 11. Особенности строения, физико-химические свойства и применение различных марок натурального

- каучука // Башкирский химический журнал. 2007. Т.14. №4. С.75–78.
17. Скоропанов С.Г. Кок-сагыз: руководство по культуре кок-сагыза на торфяных почвах / С.Г. Скоропанов, Б.Б. Бельский, С.М. Маштаков. Минск: Издательство Академии наук БССР. 1949. 96 с.
  18. Филиппов Д.И. Культура кок-сагыза / В кн. Каучук и каучуконосы. Т. 2 М.: Изд-во АН СССР. 1953. С. 173.
  19. Чалдаева Д.А., Хусаинов А.Д. Применение натурального и синтетического каучука в производстве шин // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №11. С. 195–198.
  20. Чемерис А.В., Бикбулатова С.М., Чемерис Д.А., Баймиев А.Х., Князев А.В., Кулуев Б.Р., Максимов И.В. Надо ли опасаться ГМО? Взгляд несторонних наблюдателей на истерию вокруг // Биомика. 2014. Т.6. № 2. С. 77–138.
  21. Чемерис А.В., Чемерис Д.А., Баймиев А.Х., Князев А.В., Кулуев Б.Р., Максимов И.В. Борьба с ГМО как неолысенковщина // Биомика. 2015. Т. 7. № 1. С. 1–39.
  22. Шквар Я. Высокие урожаи кок-сагыза (Опыт возделывания кок-сагыза в колхозах Черкасского района, Киевской области). М., 1948.
  23. Arias M., Hernandez M., Ritter E. How does water supply affect *Taraxacum koksaghyz* Rod. rubber, inulin and biomass production? // Industrial Crops and Products. 2016. V. 91. P. 310–314.
  24. Fricke J., Hillebrand A., Twyman R.M., Prüfer D., Schulze Gronover C. Abscisic acid-dependent regulation of small rubber particle protein gene expression in *Taraxacum brevicorniculatum* is mediated by TbbZIP1 // Plant Cell Physiol. 2013. V.54. P.448-464. doi: 10.1093/pcp/pcs182.
  25. Hernandez-Aguilar C., Dominguez-Pacheco A., Cruz-Orea A., Zepeda Bautista R., López-Bonilla J.L. Laser biostimulation in seeds and plants // Gayana – Botanica. 2016. V. 73. P. 132–149.
  26. Hillebrand A., Post J.J., Wurbs D., Wahler D., Lenders M., Krzyzaneck V., Prüfer D., Gronover C.S. Down-regulation of small rubber particle protein expression affects integrity of rubber particles and rubber content in *Taraxacum brevicorniculatum* // PLoS One. 2012. V.7:e41874. doi: 10.1371/journal.pone.0041874.
  27. Kwon M., Kwon E.J., Ro D.K. cis-Prenyltransferase and Polymer Analysis from a Natural Rubber Perspective // Methods Enzymol. 2016. V.576. P.121-145. doi: 10.1016/bs.mie.2016.02.026. Epub 2016 Mar 24.
  28. Laibach N., Hillebrand A., Twyman R.M., Prüfer D., Schulze Gronover C. Identification of a *Taraxacum brevicorniculatum* rubber elongation factor protein that is localized on rubber particles and promotes rubber biosynthesis // Plant J. 2015. V.82. P.609-620. doi: 10.1111/tpj.12836.
  29. Post J., van Deenen N., Fricke J., Kowalski N., Wurbs D., Schaller H., Eisenreich W., Huber C., Twyman R.M., Prüfer D., Gronover C.S. Laticifer-specific cis-prenyltransferase silencing affects the rubber, triterpene, and inulin content of *Taraxacum brevicorniculatum* // Plant Physiol. 2012. V. 158. P. 1406–1417.
  30. Schmidt T., Lenders M., Hillebrand A., van Deenen N., Munt O., Reichelt R., Eisenreich W., Fischer R., Prüfer D., Gronover C.S. Characterization of rubber particles and rubber chain elongation in *Taraxacum koksaghyz* // BMC Biochem. 2010. V.11:11. doi: 10.1186/1471-2091-11-11.
  31. Spano D., Pintus F., Mascia C., Scorciapino M.A., Casu M., Floris G., Medda R. Extraction and characterization of a natural rubber from *Euphorbia characias* latex // Biopolymers. 2012. V. 97. P. 589–594.
  32. Stolze A., Wanke A., van Deenen N., Geyer R., Prüfer D., Schulze Gronover C. Development of rubber-enriched dandelion varieties by metabolic engineering of the inulin pathway // Plant Biotechnol. J. 2016. Nov 25. doi: 10.1111/pbi.12672. [Epub ahead of print]
  33. Wahler D., Colby T., Kowalski N.A., Harzen A., Wotzka S.Y., Hillebrand A., Fischer R., Helsper J., Schmidt J., Schulze Gronover C., Prüfer D. Proteomic analysis of latex from the rubber-producing plant *Taraxacum brevicorniculatum* // Proteomics. 2012. V.12. P. 901–905.
  34. Zhang Y., Iaffaldano B.J., Xie W., Blakeslee J.J., Cornish K. Rapid and hormone-free Agrobacterium rhizogenes-mediated transformation in rubber producing dandelions *Taraxacum kok-saghyz* and *T. brevicorniculatum* // Industrial Crops and Products. 2015. V. 66. P. 110–118.

**TARAXACUM KOK-SAGHYZ: CULTIVATION FEATURES AND PERSPECTIVES  
OF INTRODUCTION TO MODERN PRODUCTION**

<sup>1</sup>Garshin M.V., <sup>1</sup>Kartuha A.I., <sup>2</sup>Kuluev B.R.

<sup>1</sup>Bashkir State University, Ufa, garshin.mixail@yandex.ru

<sup>2</sup>Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Scientific Center of RAS, Ufa, kuluev@bk.ru

**Resume**

This review focuses on the perspective for cultivation in Russia rubber plant *Taraxacum kok-saghyz*. This plant is extensively cultivated in the 30-40-ies of XX century in the Soviet Union as a rubber plant No 1. In those years, kok-saghyz was very well studied by Soviet scientists and practitioners of agriculture. For 15 years cultivating of kok-saghyz managed to significantly improve its yield and were created cultivars of this plant. In the Soviet era have been developed main agrotechnical methods of cultivation of this plant and the industrial production of domestic natural rubber. In response to growing global demand for natural rubber in the XXI century there is a new surge of interest to the kok-saghyz, primarily in Western Europe and North America. On the basis of import substitution and resource security reasons, the idea of returning to the culture of kok-saghyz in Russia also appears to be very relevant. The cultivation of kok-saghyz in the USSR was discontinued due to the emergence of new technologies for the production of synthetic rubber, as well as the relatively low profitability. However, the use of modern science and technology achievements can provide the economic feasibility of commercial cultivation of kok-saghyz in Russia.

**Key words:** natural rubber, *Taraxacum kok-saghyz*, hydroponics, aeroponics, genetically modified plants, transgenic plants