



ХИМИЧЕСКИЙ МУТАГЕНЕЗ ОДУВАНЧИКА *TARAXACUM BREVICORNICULATUM* ПРИ ПОМОЩИ АЗИДА НАТРИЯ

^{1,2}Кулуев Б.Р., ²Хафизов Р.К., ²Якупова А.Б., ¹Чемерис А.В.

¹Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Проспект Октября, 71, Уфа, E-mail: kuluev@bk.ru

²Башкирский государственный университет, 450074, ул. З. Валиди, 32, Уфа, E-mail: alfiram@yandex.ru

Резюме

Одуванчик короткорожковый *Taraxacum brevicorniculatum*, как и кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* относится к перспективным каучуконосным видам одуванчиков. *T. brevicorniculatum* в отличие от кок-сагыза характеризуется более высокими темпами вегетативного роста, большей семенной продуктивностью, однако накапливает гораздо меньше натурального каучука в корнях. Целью нашей работы был химически индуцированный мутагенез *T. brevicorniculatum* при помощи азидата натрия и определение содержания каучука в корнях полученных мутантных растений. Использование 1 мМ раствора азидата натрия для обработки семян не оказало существенного эффекта на каучуконакопление в корнях и на рост листьев. Наиболее высокие параметры роста листьев были характерны для растений, полученных после обработки семян 10 мМ азидата натрия, при этом были получены два растения с более высоким содержанием каучука в корнях, чем в контроле. При использовании 20 мМ азидата натрия была достигнута полулетальная доза мутагена и получены наиболее высокие результаты по каучуконакоплению – более 5% на сухую массу корня, что более чем в два раза больше, чем у контрольных растений и близко к показателям кок-сагыза. Полученные в ходе работы мутантные формы одуванчика короткорожкового планируется использовать в дальнейшей селекции с целью выведения быстрорастущих и высокопродуктивных каучуконосных сортов этого вида.

Ключевые слова: *Taraxacum brevicorniculatum*, одуванчик короткорожковый, натуральный каучук, химический мутагенез, азид натрия

Цитирование: Кулуев Б.Р., Хафизов Р.К., Якупова А.Б., Чемерис А.В. Химический мутагенез одуванчика *Taraxacum brevicorniculatum* при помощи азидата натрия // Биомика. 2020. Т.12(2). С. 211-217. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2020-11

© Авторы

CHEMICAL MUTAGENESIS OF *TARAXACUM BREVICORNICULATUM* WITH SODIUM AZIDE

^{1,2}Kuluev B.R., ²Khafizov R.K., ²Yakupova A.B., ¹Chemeris A.V.

¹Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450054, 71 Prospect Oktyabrya, E-mail: kuluev@bk.ru

²Bashkir State University, Ufa, 450074, 32 Z. Validi, E-mail: alfiram@yandex.ru

Resume

Taraxacum brevicorniculatum and *Taraxacum kok-saghyz* are promising rubber-bearing dandelion species. *T. brevicorniculatum*, in contrast to kok-saghyz, is characterized by high parameters of vegetative growth, high seed productivity, but it accumulates very little natural rubber in the roots. The aim of the study was to carry out of chemical mutagenesis of *T. brevicorniculatum* using sodium azide and to determine the rubber content in the roots of the mutant plants. The use of 1 mM sodium azide solution had no significant effect on rubber accumulation in the roots and on leaf growth. The highest parameters of leaf growth were typical

for plants obtained after treatment with 10 mM sodium azide, while two plants with a high content of rubber in the roots were obtained. When 20 mM sodium azide was used, a median lethal dose of the mutagen was achieved and the highest results in rubber accumulation were obtained - more than 5% per dry root mass, which is more than twice as much as in control plants and close to that of the kok-saghyz. The mutant forms of *T. brevicorniculatum* obtained in the course of work can be used in further breeding in order to select fast-growing and highly productive rubber-bearing varieties of this species.

Keywords: *Taraxacum brevicorniculatum*, natural rubber, chemical mutagenesis, sodium azide

Citation: Kuluev B.R., Khafizov R.K., Yakupova A.B., Chemeris A.V. Chemical mutagenesis of *Taraxacum brevicorniculatum* with sodium azide. *Biomics*. 2020. V.12(2). P. 211-217. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2020-11 (In Russian)

© The Authors

Введение

Натуральный каучук на сегодняшний день является важнейшим и по признанию химиков-полимерщиков незаменимым сырьем, прежде всего для шинной промышленности, где его доля в составе смеси для легковых покрышек составляет до 50%, для грузовых до 85-100%, для авиационных шин до 100% [Дыкман и др. (Dykman et al.), 2012; Чалдаева, Хусаинов (Chaldayeva, Khusainov), 2013; Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2015]. На сегодняшний день основным источником натурального каучука с высокой молекулярной массой является лишь один вид растений - гевея бразильская *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. способная произрастать только в тропической зоне. Однако с начала 20 века из-за промышленного выращивания (из-за уменьшения расстояния между деревьями) этот вид стал интенсивно поражаться весьма опасным фитопатогеном *Microcyclus ulei*. С самого начала использования человеком натурального каучука наблюдается постоянное увеличение спроса на это сырье [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2015]. Однако в Юго-Восточной Азии дальнейший рост производства каучука весьма проблематичен, так как уже сегодня используются самые лучшие сорта гевеи и заняты почти все возможные площади. В связи с этим является актуальным поиск альтернативных растений-каучуконосов, в том числе способных произрастать и давать урожай в других климатических зонах. Для умеренного пояса таким признанным источником качественного высокомолекулярного каучука стал одуванчик кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* Rodin, который культивировался в СССР и ряде других стран в 30-40-х годах 20 века [Половенко и др. (Polovenko et al.), 1950; Ильин (Ilyin), 1953; Хайруллин и др. (Khairullin et al.), 2014; Гаршин и др. (Garshin et al.), 2016]. Кроме кок-сагыза на сегодняшний день еще лишь три вида одуванчиков теоретически рассматривались в качестве потенциальных каучуконосов – *T. hybernum* Stev., *T. bicornis* Dahlst. и *T. brevicorniculatum* Korol. [Степанов (Stepanov), 1940; Ильин, Якимов (Ilyin, Yakimov), 1950; Kirschner et al.,

2013]. Последний часто обнаруживался на плантациях *T. kok-saghyz*, выращивавшегося в середине 20-го века как источник натурального каучука. Необходимо отметить, что даже специалисты *T. brevicorniculatum* довольно часто ошибочно приравнивают или путают с половой диплоидной формой *T. kok-saghyz* [Shi et al., 2011]. Более того, Kirschner с соавт. [2013] с привлечением методов проточной цитофлуориметрии и AFLP-анализа выявили весьма досадный факт. Оказывается в большинстве коллекций семян мира вместо кок-сагыза хранятся зародышевые плазмы вида *T. brevicorniculatum* с низким содержанием каучука.

В 2017 году нами были начаты полевые опыты по выращиванию каучуконосных видов одуванчиков. Наилучшие показатели по общей вегетативной массе, размерам корней, семенной продуктивности в условиях Республики Башкортостан были показаны для *T. brevicorniculatum*, однако содержание каучука у этого вида не определяли. В литературе же нет однозначных сведений об этом, так как в большинстве публикаций авторы могли путать кок-сагыз с *T. brevicorniculatum*. Также представляет интерес химический мутагенез данного вида одуванчика, что теоретически может привести к различным генетическим изменениям, в том числе, способствующим увеличению каучукообразования. В связи с вышесказанным целью данной работы был химически индуцированный мутагенез *T. brevicorniculatum* и определение содержания каучука в полученных растениях.

Материалы и методы

Зрелые семена *T. brevicorniculatum* были получены из коллекции Ботанического сада университета г. Бонн (Германия), размножены в опытном участке ИБГ УФИЦ РАН. В опыте использовали 200 семян одуванчика короткорожкового, которые предварительно замачивали в течение суток в дистиллированной воде. Дальнейшую обработку семян проводили в чашках Петри с 1 мМ, 10 мМ и 20 мМ азидом натрия (NaN_3) в фосфатном буфере с pH 3. Данные концентрации азидом натрия нами были

выбраны исходя из наших предыдущих исследований [Баймухаметова и др. (Baimukhametova et al.), 2017]. В качестве контроля использовали чашки Петри с фосфатным буфером (рН 3) и дистиллированной водой. В каждую чашку Петри высевали по 40 семян и проводили инкубацию в растворе мутагена, или в случае контрольных вариантов в дистиллированной воде, фосфатном буфере в течение 4 часов. Далее семена промывали 7 раз дистиллированной водой для удаления азид натрия и фосфатного буфера. Высевали семена в чашки Петри с дистиллированной водой и фильтровальной бумагой, проводили трехдневную стратификацию при температуре +5°C. Далее семена высевали в вегетационные сосуды (450 мл) с универсальным грунтом, растения выращивали при температуре 25-28°C и освещенности 5 клк. Через две недели определяли всхожесть семян. Спустя два месяца растения пересаживали в открытый грунт.

После 4 месяцев выращивания определяли содержание каучука в корнях растений. Для каждого варианта обработки семян одуванчика использовали по 4 растения (n=4). Для отобранных растений также был проведен морфологический анализ, заключающийся в измерении длины и ширины трех самых крупных листьев через 4 месяца выращивания в вегетационных сосудах. Результаты исследований представляли в виде гистограмм со средними значениями выборки. Барами обозначали стандартную ошибку среднего. Достоверность различий оценивали при помощи U-критерия Манна-Уитни. Далее корни отобранных растений предварительно высушивали в проветриваемом помещении при комнатной температуре в течение 15 дней для перевода всего каучука в коагулированное состояние. Высушенные корни размельчали ножницами и помещали в керамические ступки с пестиком, которые в дальнейшем замораживали в течение двух часов при температуре -70°C. Затем растирали растительный материал до порошкообразного состояния и переносили его в предварительно взвешенные микропробирки на 1,5 мл. Взвешивали массу растительного порошка (от 0,05 до 0,1 г) и проводили процедуру выделения из него каучука с использованием полярных растворителей - дистиллированной воды и ацетона, а также неполярного растворителя гексана, основываясь на методах, описанных ранее [Spanò et al., 2012, Ramirez-Cadavid et al., 2017]. Всю процедуру выделения каучука проводили при комнатной температуре. Модифицированный нами способ микровыделения каучука из растительного материала состоял в следующем. В растительный порошок массой не меньше 0,05 и не более 0,1 г добавляли 1 мл дистиллированной воды, перемешивали образцы в течение 30 минут, центрифугировали при 12 тыс. об.

мин. в течение 20 мин., надосадочную жидкость удаляли. Процедуру водной экстракции проводили дважды для более полного удаления водорастворимых компонентов. Затем в образцы добавляли по 1 мл ацетона и перемешивали их в течение 3 часов (на встряхивателе «Ротамикс»), центрифугировали при 12 тыс. об./мин., в течение 20 мин., надосадочную жидкость удаляли. Таким образом, из растительного порошка убрали водный и ацетоновый экстракты, а каучук благодаря его переходу при сушке в коагулированное состояние и нерастворимость в полярных растворителях преимущественно продолжал оставаться в этих образцах. Последующую экстракцию каучука проводили с использованием гексана, который добавляли в количестве 1 мл, образцы перемешивали 16 часов (на встряхивателе «Ротамикс»). Затем образцы центрифугировали при 12 тыс. об. мин., в течение 20 мин., надосадочную жидкость переносили в новые заранее взвешенные микропробирки на 1,5 мл. Гексановый экстракт высушивали в термостате при +50°C в течение 2,5 часов в вытяжном шкафу. Определяли массу высушенных экстрактивных веществ, которые далее условно называли гексановым экстрактом. Результаты выражали в виде массовой доли экстрактивных веществ в % к сухой массе растительного материала.

Результаты исследования и их обсуждение

Семена *T. brevicorniculatum* проращивали в течение двух месяцев в лабораторных условиях, затем рассада высаживалась на опытном участке для размножения (Рис. 1). Растения *T. brevicorniculatum* в условиях опытного участка УФИЦ РАН (г. Уфа, Россия) показали более интенсивный рост и большую семенную продуктивность, чем кок-сагыз и *T. hybernum*. Собранные семена *T. brevicorniculatum* использовали для определения их всхожести при обработке разными концентрациями азид натрия. Всхожесть семян одуванчика короткорожкового в дистиллированной воде составила около 80%, а в фосфатном буфере – 60%. При инкубации в 1 мМ NaN₃ и в 20 мМ NaN₃ всхожесть была ниже, чем у контроля и составила 40 и 30%, соответственно. В то же время при действии 10 мМ NaN₃ всхожесть семян *T. brevicorniculatum* составила 53%. Исходя из этого, можно полагать, что семена одуванчика короткорожкового для опытов по химическому мутагенезу могут быть обработаны азидом натрия до концентрации 20 мМ NaN₃, так как всхожесть при этом падает в два раза, по сравнению с фосфатным буфером, что говорит о негативном действии мутагена и достижении полулетальной дозы. Но все же всхожесть при этой концентрации азид натрия остается на довольно высоком уровне для получения необходимого растительного материала и отбора потенциально мутантных форм.



Рис. 1. Выращивание *T. brevicorniculatum* для размножения семян:
 а. вид цветка сверху, б. нераскрывшийся цветок сбоку, в. общий вид цветущих растений.
 Fig. 1. Growing of *T. brevicorniculatum* for seed reproduction:
 a. top view of the flower, b. unopened flower on the side, c. general view of flowering plants.

Таблица.
 Значения массовой доли гексанового экстракта в
 корнях растений *T. brevicorniculatum* после
 обработки семян азидом натрия.
 Table. Values of the mass fraction of hexane extract in *T.*
brevicorniculatum roots after seed treatment with sodium azide

Инкубация семян Seed incubation	Номер растения Number of plant	Массовая доля гексанового экстракта на сухую массу корня (%) Mass fraction of hexane extract on root dry weight (%)
Дистиллиро- ванная вода Distilled water	1	2,10
	2	1,92
	3	1,67
	4	1,23
Фосфатный буфер Phosphate buffer	5	2,25
	6	2,67
	7	2,10
	8	1,77
1 мМ NaN ₃	9	1,24
	10	1,95
	11	0,94
	12	0,72
10 мМ NaN ₃	13	1,72
	14	1,01
	15	4,84
	16	4,61
20 мМ NaN ₃	17	6,67
	18	5,22
	19	3,55
	20	2,24

Из каждого варианта обработки семян было выращено по 8 растений, из которых для дальнейшего

анализа содержания каучука были отобраны по 4 наиболее крупных и здоровых растения. В корнях растений после инкубации в дистиллированной воде массовая доля гексанового экстракта составила в среднем 1,73%, после фосфатного буфера – 2,2% (табл.). По результатам статистического анализа достоверной разницы между этими двумя вариантами не выявлялось. Таким образом, массовая доля гексанового экстракта контрольных вариантов корней *T. brevicorniculatum* составила в среднем около 2%, что более чем в два раза меньше, чем у кок-сагыза [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2019]. В корнях одуванчика после обработки 1 мМ NaN₃ массовая доля гексанового экстракта составила в среднем 1,2%, что почти в два раза меньше, чем в контрольных вариантах. В целом во всех растениях, полученных после обработки 1 мМ NaN₃ наблюдалось уменьшение содержания каучука, по сравнению с контролем. В корнях растений после обработки 10 и 20 мМ мутагена содержание каучука было больше, чем в контроле (табл.). Наибольшая массовая доля гексанового экстракта была обнаружена у растений под номерами 15-19. Причем в растениях под номерами 17 и 18 каучука выявлялось даже больше, чем у кок-сагыза в наших предыдущих исследованиях [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2019].

Для оценки вегетативного роста анализируемых растений были измерены длина и ширина листьев. По длине листьев наибольшие показатели были характерны для растений, полученных при обработке 10 мМ NaN₃ (рис. 2а). Фосфатный буфер без азид натрия отрицательно влиял на этот показатель, однако действие мутагена в данном случае оказалось позитивным, что видимо, поспособствовало выравниванию длины листьев с вариантом с дистиллированной водой. 20 мМ NaN₃ оказывал негативное воздействие на длину листьев.

По ширине листьев наибольшие показатели были характерны также для растений, полученных после обработки 10 мМ NaN_3 (рис. 2б). Исходя из этих результатов можно полагать, что 10 мМ является наиболее оптимальной концентрацией азид натрия для обработки семян одуванчика короткорожкового. Нельзя исключать того, что эта концентрация азид натрия оказывает ростстимулирующий эффект для *T.*

brevicorniculatum. Отметим, что в наших предыдущих исследованиях нами также был выявлен ростстимулирующий эффект азид натрия на примере обработки семян хлопчатника [Баймухаметова и др. (Vaimukhmetova et al.), 2017], причем в той работе таким позитивным действием обладал раствор мутагена также с концентрацией 10 мМ.

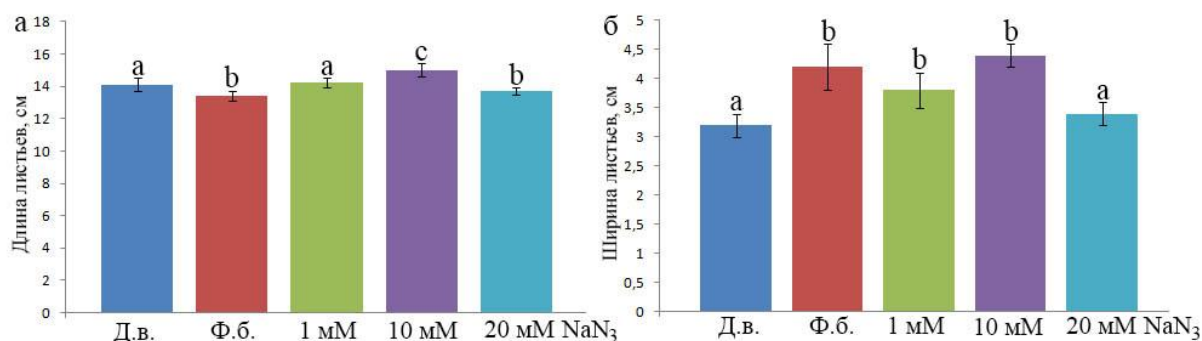


Рис. 2. Параметры роста листьев *T. brevicorniculatum*, полученных после обработки азидом натрия: а – длина листьев, б – ширина листьев.

Fig. 2. Growth parameters of *T. brevicorniculatum* leaves obtained after treatment with sodium azide: а - leaf length, б - leaf width.

Таким образом, для обработки семян *T. brevicorniculatum* с целью химического мутагенеза можно использовать концентрацию 10 мМ. При использовании этой концентрации мутагена процент всхожести семян был высоким и полученные растения характеризовались более крупными листьями. Более того, при использовании 10 мМ NaN_3 были получены два растения с высоким содержанием каучука - более 4,5% на сухую массу корня. По этому показателю предположительно мутантные растения *T. brevicorniculatum* под номерами 17 и 18 были близки к кок-сагызу [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2019]. Для химического мутагенеза одуванчика короткорожкового может быть использована также концентрация азид натрия 20 мМ, так как при этом всхожесть семян уменьшалась в два раза по сравнению с контролем (фосфатный буфер), что говорит о негативном эффекте мутагена, а также при этом были получены два растения с содержанием каучука не меньше, чем у кок-сагыза. Все эти предположительно мутантные растения *T. brevicorniculatum* с высоким содержанием каучука могут быть использованы в дальнейшей селекции с целью получения высокопродуктивных форм, как по вегетативной массе, так и по каучуконакоплению.

Данное исследование в рамках ГК №05.621.21.0033 выполнено с использованием оборудования РЦКП «Агидель» и УНУ «КОДИНК»

по государственному заданию АААА-А19-119021190011-0 ИБГ УФИЦ РАН.

Литература

1. Баймухаметова Э.А., Лаштабова С.В., Головина В.Ю., Кимсанбаев О.Х., Кулуев Б.Р. Применение индуцированного мутагенеза для увеличения генетического полиморфизма хлопчатника // Биомика. 2017. Т. 9. № 4. С. 370–379.
2. Гаршин М.В., Картуха А.И., Кулуев Б.Р. 2016. Кок-сагыз: особенности культивирования, перспективы возделывания и внедрения в современное производство // Биомика. Т. 8. №4. С. 323–333.
3. Дыкман А.С., Бусыгин В.М., Моисеев И.И., Гильманов Х.Х., Федорцова Е.В. 2012. Глобальные тенденции в производстве натурального и изопренового каучуков // Экономика и управление. №1. С. 46–52.
4. Ильин М.М., Якимов П.А. 1950. Каучуконосы и гуттаперченосы СССР, в кн. Растительное сырье СССР. Сборник статей. Т.1. Технические растения. М; Л. С. 61–141.
5. Ильин М.М. 1953. Каучуконосность флоры СССР, в кн. Каучук и каучуконосы. Т. 2. Под ред. Ильина М.М. С. 9–104.
6. 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. 2015. Натуральный каучук, его источники и составные части // Биомика. Т. 7. №4. С. 224–283.
7. Кулуев Б.Р., Мулдашев А.А., Минченков Н.Д., Чемерис А.В. Поиск потенциальных каучуконосов во флоре Республики Башкортостан // Растительные ресурсы. 2019. Т. 55. № 3. С. 317–333. Doi: 10.1134/S0033994619030105
8. Половенко И.С., Филиппов Д.И., Правдин Ф.Н., Фурман Л.М. 1950. Кок-сагыз. Москва. 167 с.
9. Степанов Г.Р. 1940. Перспективы культуры крым-сагыза // Каучук и резина. №8. С. 67–69.
10. Хайруллин Р.З., Власова Ю.С., Янов В.В. 2014. Перспективы использования альтернативных видов растительного сырья для производства натурального каучука // Вест. Каз. техн. ун-та. Т. 17. №13. С. 205–206.
11. Чалдаева Д.А., Хусаинов А.Д. 2013. Применение натурального и синтетического каучука в производстве шин // Вест. Каз. техн. ун-та. Т. 16. №11. С. 195–198.
12. Kirschner J., Štěpánek J., Černý T., De Heer P., van Dijk P.J. Available exsitu germplasm of the potential rubber crop *Taraxacum kok saghyz* belongs to a poor rubber producer, *T. brevicorniculatum* (Compositae–Crepidinae). Genetic Resources and Crop Evolution. 2012. V. 60. No. 2. P. 455–471
13. Ramirez-Cadavid D., Cornish K., Michel F. *Taraxacum kok-saghyz*: compositional analysis of a feedstock for natural rubber and other products — Ind. Crop. Prod. 2017. V. 107. P. 624–640. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.05.043
14. Spanò 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. doi: 10.1002/bip.22044
15. Shi, Z., Chen, Y. L., Chen, Y. S., Lin, Y. R., Liu, S. W., Ge, X. J., Gao, T. G., Zhu, S. X., Liu, Y., Yang, Q. E., Humphries, C. J., Raab-Straube, E. von, Gilbert, M. G., Nordenstam, B., Kilian, N., Brouillet, L., Illarionova, I. D., Hind, D. J. N., Jeffrey, C., Bayer, R. J., Kirschner, J., Greuter, W., Anderberg, A. A., Semple, J. C., Štěpánek, J., Freire, S. E., Martins, L., Koyama, H., Kawahara, T., Vincent, L., Sukhorukov, A. P., Mavrodiev, E. V. & Gottschlich, G. / Wu, Z. Y., Raven, P. H. & Hong, D. Y., eds. 2011. Asteraceae (Compositae). Flora of China Volume 20-21 (Asteraceae). Science Press (Beijing) & Missouri Botanical Garden Press (St. Louis). 2011. 894 p.
1. Baimuhametova E.A., Lashtabova S.V., Golovina V.Y., Kimsanbaev O.H., Kuluev B.R. Application of induced mutagenesis for increasing the genetic polymorphism of cotton. Biomics. 2017. V. 9. No.4. P. 370–379.
2. Chaldayeva D.A., Khusainov A.D. The use of natural and synthetic rubber in the production of tires. Bulletin of the Technological University. 2013. V. 16. No. 11. P. 195–198. (In Russian).
3. Dykman A. S., Busygin V.M., Moiseyev I.I., Gilmanov K.K., Fedortsova E.V. Global tendencies in production of natural and isoprene rubber. Economics and Management. 2012. V. 1. P. 46–52. (In Russian).
4. Garshin M. V., Kartuha A. I., Kuluev B. R. *Taraxacum kok-saghyz*: cultivation features and perspectives of introduction to modern production. Biomics. 2016. V. 8. No. 4. P. 323–333. (In Russian)
5. Ilin M. M., Yakimov P. A. Kauchukonosy i guttaperchenosy SSSR [Rubber and gutta-percha plants of the USSR]. In: Rastitel'noye syr'ye SSSR. Sbornik statey. Vol. 1. Tekhnicheskiye rasteniya. Moscow; Leningrad. 1950. P. 61–141. (In Russian)
6. Ilyin M.M. Kauchukonosnost' flory SSSR [The rubberiness of the flora of the USSR]. In Rubber and Rubber-bearing plants. 1953. V. 2. Ed. Iina M.M. P. 9–104. (In Russian)
7. Khairullin R.Z., Vlasova Yu.S., Yanov V.V. Perspektivy ispol'zovaniya al'ternativnykh vidov rastitel'nogo syr'ya dlya proizvodstva natural'nogo kauchuka [Prospects for the use of alternative types of plant materials for the production of natural rubber]. Bulletin of the Technological University. 2014. V. 17 (13). P. 205–206. (In Russian)
8. Kirschner J., Štěpánek J., Černý T., De Heer P., van Dijk P.J. Available exsitu germplasm of the potential rubber crop *Taraxacum kok-saghyz* belongs to a poor rubber producer, *T. brevicorniculatum* (Compositae–Crepidinae). Genetic Resources and Crop Evolution. 2012. V. 60 (2). P. 455–471.
9. Kuluev B. R., Garafutdinov R. R., Maksimov I. V., Sagitov A. M., Chemeris D. A., Knyazev A. V., Vershinina Z. R., Baymiev An. K., Muldashev A. A., Baymiev Al. K., Chemeris A. V. Natural rubber, its sources and components. Biomics. 2015. V. 7(4). P. 224–283. (In Russian)
10. Kuluev B. R., Muldashev A. A., Minchenkov N. D., Chemeris A. V. Searching for potential rubber-bearing plants in the flora of the Republic of Bashkortostan. Rastitelnye resursy. 2019. V. 55. No. 3. P. 317–333.
11. Polovenko I. S., Filippov D. I., Pravdin F. N., Furman L. M. Kok-sagyz [Kok-saghyz]. 1950. Moscow. 167 p. (In Russian).
12. Ramirez-Cadavid D., Cornish K., Michel F. *Taraxacum kok-saghyz*: compositional analysis of a feedstock for natural rubber and other products. Ind.

Crop. Prod. 2017. V. 107. P. 624–640. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.05.043

13. Shi, Z., Chen, Y. L., Chen, Y. S., Lin, Y. R., Liu, S. W., Ge, X. J., Gao, T. G., Zhu, S. X., Liu, Y., Yang, Q. E., Humphries, C. J., Raab-Straube, E. von, Gilbert, M. G., Nordenstam, B., Kilian, N., Brouillet, L., Illarionova, I. D., Hind, D. J. N., Jeffrey, C., Bayer, R. J., Kirschner, J., Greuter, W., Anderberg, A. A., Semple, J. C., Štěpánek, J., Freire, S. E., Martins, L., Koyama, H., Kawahara, T., Vincent, L., Sukhorukov, A. P., Mavrodiev, E. V. & Gottschlich, G. / Wu, Z. Y., Raven, P. H. & Hong, D. Y., eds. 2011. Asteraceae

(Compositae). Flora of China Volume 20-21 (Asteraceae). Science Press (Beijing) & Missouri Botanical Garden Press (St. Louis). 2011. 894 p.

14. Spanò 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. doi: 10.1002/bip.22044.

15. Stepanov G.R. Perspektivy kul'tury krym-sagyza [Perspectives of the krym-saghyz culture]. Kauchuk I Rezina. 1940. No.8. P. 67–69. (In Russian).