








М.С. Муталханов , А.А. Альнурова , К.Р. Сисемали* ,
А.И. Акильбекова , М.К. Таусарова , Ж.М. Басыгараев ,
К.К. Богуспаев 

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
e-mail: kuanishsissemali@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА И КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ТАУ-САГЫЗА (*SCORZONERA TAU-SAGHYZ* LIPSCH ET BOSSE) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ МЕСТ ОБИТАНИЯ В ГОРАХ КАРАТАУ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЯЗИ С НАКОПЛЕНИЕМ КАУЧУКА В КОРНЯХ

Натуральный каучук – это растительный биополимер, который используется во многих отраслях промышленности, например, в медицине, машиностроении и т.д. Тау-сагыз (лат. *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) – полукустарник, произрастающий на территории Южного Казахстана, способный производить и накапливать натуральный каучук в корнях. Экономическая ценность тау-сагыза определяется количеством и качеством синтезируемого натурального каучука. Соответственно, для введения тау-сагыза в культуру и создания экономически жизнеспособной культуры каучуконоса, определение факторов, связанных с повышенным содержанием каучука является первостепенной задачей. По утверждению М.В. Культиасова «Чем больше развита листовая масса, тем большая корневая масса должна ей соответствовать, т.е. листовая масса является косвенным критерием урожая корневой массы. Отсюда следует вывод: лист может служить критерием оценки накопления каучука в корневой массе». Поскольку основная функция листьев – фотосинтез, то в связи с этим в наших экспериментах количество фотосинтетических пигментов в листьях было выбрано в качестве фактора, возможно, коррелирующего с уровнем накопления каучука в корнях. Таким образом нами было выбрано 3 группы растений из различных мест обитания (северный склон, восточный склон, южный склон хребта Терис-аккан). Из отобранных образцов листьев ацетоном экстрагировали фотосинтетические пигменты, а из корней этих же образцов с использованием гексана экстрагировали каучук. Полученные данные количественного анализа проверяли с использованием следующих статистических методов: t-критерия Стьюдента и коэффициента корреляции Пирсона. Результаты показали наличие статистически значимой разницы между группами в количестве фотосинтетических пигментов, а также показали отсутствие разницы между группами в количестве каучука. Корреляционный анализ показал очень слабую связь между количеством пигментов в листьях и процентным содержанием каучука в корнях во всех трех группах. Таким образом, показано, что количество фотосинтетических пигментов не влияет на процессы накопления каучука в корнях.

Ключевые слова: Тау-сагыз, листья, корень, пигменты, каучук, корреляция

M.S. Mutalkhanov, A.A. Alnurova, K.R. Sissemali*, A.I. Akilbekova,
M.K. Tausarova, Zh.M. Basygaraev, K.K. Boguspaev
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
e-mail: kuanishsissemali@gmail.com

**Study of the content of chlorophyll and carotenoids in the leaves
of tau-saghyz (*Scorzonera Tau-Saghyz* Lipsch Et Bosse) from various ecological
and geographical habitats in the karatau mountains to determine the relationship
with the accumulation of rubber in the roots**

Natural rubber is a plant-based biopolymer that is used in many industries, such as medicine, engineering, etc. Tau-saghyz (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) is a semi-shrub growing in the territory of Southern Kazakhstan, capable of producing and accumulating natural rubber in the roots. The economic value of tau-saghyz is determined by the quantity and quality of the synthesized natural rubber. Accordingly, in order to introduce tau-saghyz into the crop and create an economically viable rubber crop, determining the factors associated with increased rubber content is of paramount importance. Ac-

ording to M.V. Kultiasov "The more developed the leaf mass, the greater the root mass must correspond to it, i.e. leaf mass is an indirect measure of root mass yield. Hence the conclusion follows: the leaf can serve as a criterion for assessing the accumulation of rubber in the root mass. Since the main function of leaves is photosynthesis, in connection with this, in our experiments, the amount of photosynthetic pigments in the leaves was chosen as a factor, possibly correlating, determining the level of rubber accumulation in the roots. Thus, we selected 3 groups of plants from different habitats (northern slope, eastern slope, southern slope of the Teris-akkan ridge). Photosynthetic pigments were extracted from selected leaf samples with acetone, and rubber was extracted from the roots of the same samples using hexane. The obtained quantification data were verified using the following statistical methods: Student's t-test and Pearson's correlation coefficient. The results showed a statistically significant difference between groups in the amount of photosynthetic pigments, and also showed no difference between groups in the amount of rubber. Correlation analysis showed a very weak relationship between the amount of pigments in the leaves and the percentage of rubber in the roots in all three groups. Thus, it was shown that the amount of photosynthetic pigments does not affect the processes of rubber accumulation in roots.

Key words: Tau-saghyz, leaves root, pigments, rubber, correlation

М.С. Муталханов, А.А. Альнурова, К.Р. Сисемали*, А.И. Акильбекова,
М.К. Таусарова, Ж.М. Басыгараев, К.К. Богуспаев
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
e-mail: kuanishsissemali@gmail.com

**Қаратау тауларындағы әртүрлі экологиялық-географиялық
мекендеу орындарынан тау-сағыз (*Scorzonera Tau-Saghyz Lipsch Et Bosse*)
жапырағының құрамындағы хлорофилл мен каротиноидтардың құрамын зерттеу,
тамырларда каучуктың жиналуымен байланысын анықтау**

Табиғи каучук – өсімдік тектес биополимер, ол медицинада, машина жасауда және т.б. Тау-сағыз (лат. *Scorzonera tau-saghyz Lipsch et Bosse*) – Оңтүстік Қазақстан аумағында өсетін, тамырында табиғи каучук шығаруға және жинақтауға қабілетті жартылай бұта. Тау-сағыздың экономикалық құндылығы синтезделген табиғи каучуктың саны мен сапасымен анықталады. Тиісінше, егінге тау-сағызды ендіру және экономикалық тиімді резеңке дақылын жасау үшін резеңке құрамының жоғарылауына байланысты факторларды анықтау маңызды болып табылады. М.В. Кулиасов «Жапырақ массасы неғұрлым дамыған болса, соғұрлым тамыр массасы оған сәйкес келуі керек, яғни. жапырақ массасы – тамыр массасының шығымдылығының жанама өлшемі. Осыдан мынадай қорытынды шығады: жапырақ тамыр массасындағы резеңкенің жиналуын бағалау критерийі бола алады. Жапырақтардың негізгі қызметі фотосинтез болғандықтан, осыған байланысты біздің тәжірибелерімізде жапырақтардағы фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері, мүмкін корреляциялық, тамырдағы каучуктың жиналу деңгейін анықтайтын фактор ретінде таңдалды. Осылайша, әртүрлі мекендеу орындарынан (солтүстік беткейі, шығыс беткейі, Теріс-аққан жотасының оңтүстік беткейі) өсімдіктердің 3 тобын таңдадық. Таңдалған жапырақ үлгілерінен фотосинтетикалық пигменттер ацетонмен, ал гексан көмегімен сол үлгілердің тамырынан каучук алынды. Алынған сандық деректер келесі статистикалық әдістер арқылы тексерілді: Студенттің t-тесті және Пирсон корреляция коэффициенті. Нәтижелер фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері бойынша топтар арасында статистикалық маңызды айырмашылықты көрсетті, сонымен қатар резеңке мөлшері бойынша топтар арасында ешқандай айырмашылық жоқ. Корреляциялық талдау барлық үш топтағы жапырақтардағы пигменттердің мөлшері мен тамырлардағы каучуктың пайызы арасындағы өте әлсіз байланысты көрсетті. Осылайша, фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері тамырларда каучуктың жиналу процестеріне әсер етпейтіні көрсетілді.

Түйін сөздер: Тау-сағыз, жапырақ тамыры, пигменттер, каучук, корреляция

Сокращения и обозначения

НК-Натуральный каучук.

Введение

Натуральный каучук (НК) – это растительный биополимер, обладающий свойствами, которые на данный момент невозможно заменить синте-

тическим каучуком [1]. НК используется при производстве более чем 40 000 продуктов включая медицинские перчатки, автомобильные шины и т.д. [2]. Постоянно растущее мировое потребление НК ведет к повышению цены на него [3]. Следует отметить, что из почти 2500 видов растений способных к синтезу НК, лишь несколько видов способны производить значительную массу высокомолекулярного каучука [4].

На данный момент основным источником НК является гевея, (*Hevea brasiliensis*), древесная культура, родиной которого является тропический регион Южной Америки. В настоящее время основные плантации гевеи расположены в Юго-Восточной Азии. Однако поскольку гевея является основным и практически единственным производителем каучука, ее плантации очень ценны и в то же время очень уязвимы к патогенам [5,6]. Также климатические требования гевеи сильно ограничивают возможности ее выращивания за пределами тропических регионов [7]. Другой проблемой являются белки-аллергены, содержащиеся в латексе гевеи и вызывающие IgE-опосредованную аллергию [8]. Число аллергических реакций увеличилось в последние годы в среднем до 1-6% среди населения и до 21.8% среди медицинских работников [9-11]. По этим причинам все больше исследований посвящается поиску альтернативных источников НК. В настоящее время доступно лишь несколько альтернативных источников НК. Наиболее важными и перспективными являются гваюла (*Parthenium argentatum*), русский одуванчик (*Taraxacum kok-saghyz*) и *Scorzonera tau-saghyz* (Lipsch. et Bosse) [12].

Scorzonera tau-saghyz (Lipsch. et Bosse) это эндемик, включенный в Красную книгу Республики Казахстан, как растение с сокращающимися запасами [13]. Тау-сагыз представляет собой многолетний полукустарник, размножающийся в горах Каратау в основном вегетативным способом и в незначительных масштабах – семенами, представитель семейства сложноцветных [14]. Тау-сагыз обитает на каменисто-щебенистых склонах и горных плато на высоте 500-2000 м над уровнем моря [15]. Ареал обитания включает горы Каратау, Машат и Даубаба [16]. *S. tau-saghyz* показал себя как перспективный источник НК, храня его в основном внутри подземного стебля и корня. Содержание НК может достигать 40% от сухой массы корня [16]. НК можно наблюдать в изломе корня или каудекса. Каучук появляется на поверхности древесины в виде тонких, эластичных волокон (Рисунок 1).

НК это цис-1,4-полиизопреновый полимер, состоящий из изопентенильных мономеров, полученных из изопентенилпирофосфата [17]. Существует два основных пути биосинтеза НК: мевалонатный (MVA) и метилэритритолфосфатный (MEP). По MVA пути изопентенилпирофосфат образуется из ацетил-КоА за счет активности гидроксил-метил-глутарил-КоА-редуктазы [18]. В пути метилэритритолфосфата (MEP) изо-

пентенилпирофосфат образуется в результате реакции между пируватом и D-глицеральдегид-3-фосфатом, что приводит к образованию 1-дезоксид-D-ксилоулозо-5-фосфата, который затем конвертируется в изопентенилпирофосфат под действием 4-гидрокси-3-метилбут-2-ен-1-илдифосфатредуктазы [19]. Известно, что изопентенилпирофосфат используемый в биосинтезе каучука приходит из MVA [20]. Однако новые данные показывают, что MEP также могут участвовать в биосинтезе натурального каучука. Предшественники изопреноидов, происходящие из MEP, могут быть экспортированы в цитозоль с помощью системы импорта пластидных протонов и участвовать в биосинтезе каучука [19-22]. Этот вопрос был исследован в опытах с использованием углекислого газа, меченного изотопом углерода ¹³C. В результате работы был сделан вывод, что латексный углерод, который вовлечен в биосинтез каучука, не является производным непосредственно фотосинтеза, а происходит из смешанного пула углеводов в растении [23].



Рисунок 1 – Волокна натурального каучука на изломе корней *Scorzonera tau-saghyz*

Перед нами была поставлена задача найти простой и достоверный способ отбора в природе продуктивных линий тау-сагыза с высоким содержанием каучука в корнях. За основу был взят эколого-географический метод дифференциации исходного материала диких форм природы. По внешнему виду (*habitus*) заросли тау-сагыза выделяются преобладанием различных по своему внешнему виду растений. Приземистые, небольшие подушки тау-сагыза с узкими листьями характерны для восточных склонов

(плоскогорий). Подушки, возвышающиеся над землей, характерны для южных склонов. Для северных – характерны раскидистые подушки, рыхлые, крупные. Таким образом, по внешнему виду (*habitus*) различаются формы: 1) прямостоячие, 2) раскидистые, 3) прижатые. Далее при исследовании ареала *Scorzonera tau-saghyz* была установлена дифференциация форм листьев по преобладанию их на склонах различной экспозиции. На южных склонах хребта преобладает лист широколанцетный и ланцетный, на северных склонах – линейный лист, а на восточных склонах (плоскогорья) узко-шиловидный или узколинейный. По предположению М.В. Культиасова, от количества и формы листьев напрямую зависит накопление каучука в корнях. Эта гипотеза была проверена и установлено, что чем больше листовых следов, тем больше млечников, тем больше каучука в корнях. Эта гипотеза должна была быть проверена в культуре на плантациях тау-сагыза, однако таких данных мы не нашли. Возможно, их просто нет. В связи с этим в наших экспериментах была проверена наша гипотеза о корреляции между накоплением каучука в корнях и интенсивностью фотосинтеза. Природные заросли тау-сагыза являются генофондом мирового уровня и представляют собой бесценный исходный материал для селекционных работ благодаря многообразию его форм. В случае отбора форм только по содержанию каучука в корнях не дают достоверных результатов, поскольку необходимо обирать растения примерно одного возраста, с увеличением размера корня увеличение содержания каучука не является обязательным.

В связи с вышеизложенным в наших экспериментах было выделено три основных ареала произрастания тау-сагыза (северные склоны, южные, восточные), был установлен определенный период развития растений (цветение, конец Мая), количество образцов в каждом опыте (100). Определена стандартная методика определения пигментов и экстракция каучука.

Материалы и методы

Растительный материал

Образцы листьев и корней дикорастущих форм тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz*) были собраны в горах Каратау на территории Каратауского Государственного Природного Заповедника (ГПЗ), Туркестанский район в период цветения и плодоношения растений (конец мая – июнь), хребет Курмантас, ущелье Терис-аккан.

Растительные образцы отбирали по эколого-географическому принципу: растения произрастающие южном, северном и восточном склоне хребта. Собранные образцы были зафиксированы в жидком азоте и доставлены в лабораторию КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы). После доставки образцы хранили в кельвинаторе при температуре -70°C .

Метод экстракции пигментов

Содержание пигментов исследовали с использованием опубликованного метода [24]. Один грамм листьев растирали с добавлением 5 мл 90% ацетона. Полученный экстракт пигментов центрифугировали при 5000 об/мин в течение 5 минут. Оптическую плотность супернатанта измеряли при длине волны 644, 662 и 441 нм. Данные по светопоглощению образцов были использованы для дальнейшего расчета содержания пигментов. Содержание пигментов было рассчитано с помощью формулы фон Веттштейна-Хольма (1957) [25].

$$C_{\text{Хл}_a} (\text{мг/л}) = 9,784(A_{662}) - 0,990(A_{644})$$

$$C_{\text{Хл}_b} (\text{мг/л}) = 21,426(A_{662}) - 4,650(A_{644})$$

$$C_{\text{Хл}_{a+b}} (\text{мг/л}) = 5,134(A_{662}) - 20,436(A_{644})$$

$$C_{\text{Карот}} (\text{мг/л}) = 4,695(A_{441}) - 0,268(C_{\text{Хл}_{a+b}})$$

где A_{662} – поглощение света на длине волны 662 нм

A_{644} – поглощение света на длине волны 644 нм

A_{441} – поглощение света на длине волны 441 нм

Перерасчет содержания пигментов на грамм листа был выполнен по формуле [25]:

$$c = \frac{c_1 V}{m}$$

где c – содержание пигментов в листьях (мг/г)

c_1 – концентрация пигментов в аликвоте (мг/л)

V – объем экстракта (мл)

m – масса образцов листьев (мг)

Экстракция каучука гексаном

4 г. предварительно измельченных корней поместили в колбу с 50 мл. гексана. Экстракция проводилась в течение 2 дней при постоянном перемешивании (40 об/мин.) при комнатной температуре. Излишки гексана удаляли с использованием роторного испарителя с водяной баней при 30°C в течении 20–30 мин. После этого образцы сушили в вакуумной сушилке при 24°C в течение 22–24 ч.

Статистический анализ

Разницу в содержании пигментов и каучука между группами исследовали с помощью двустороннего т-теста. Корреляционный анализ между содержанием пигментов и содержанием каучука выполнен с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Расчеты проводили с использованием надстройки для Microsoft Excel: XLStat (Addinsoft).

Результаты и Обсуждение

Различия между группами в содержании пигментов и каучука

В образцах с восточного склона было зафиксированы наивысшее значение медианного содержания хлорофилла, *a*, *b*, *a+b* и каротиноидов, равные 0,064, 0,034, 0,098 и 0,026 мг/г. соответственно. В образцах с южного склона медианное содержание пигментов была равна 0,059, 0,030, 0,090 и 0,024 мг/г. соответственно. В образцах с северного склона было зафиксировано самое низкое медианное содержание пигментов, рав-

ная 0,051, 0,027, 0,078, 0,021 мг/г. соответственно (Рисунок 2).

Статистический анализ с использованием т-теста показал статистически значимую ($P < 0,05$) разницу в содержании хлорофилла-*a* между склонами Восток-Север и Юг-Север. Содержание хлорофилла-*b* значительно различаются между группой Восток и Север. Общее содержание хлорофилла различалось между склонами Восток-Север и Юг-Север. Содержание каротиноидов различалось между склонами Восток-Север и Юг-Север. Вероятной причиной различий между группами может быть разница в суточной световой экспозиции растений, появившаяся в результате особенностей ландшафта. Группа Север показавшая наименьшее среднее содержание пигментов находилась в долине, окруженная горами, в результате чего суточная световая экспозиция была существенно снижена, по сравнению с другими группами. С другой стороны, группа Юг показавшая наивысшее среднее содержание пигментов находилась на открытом склоне.

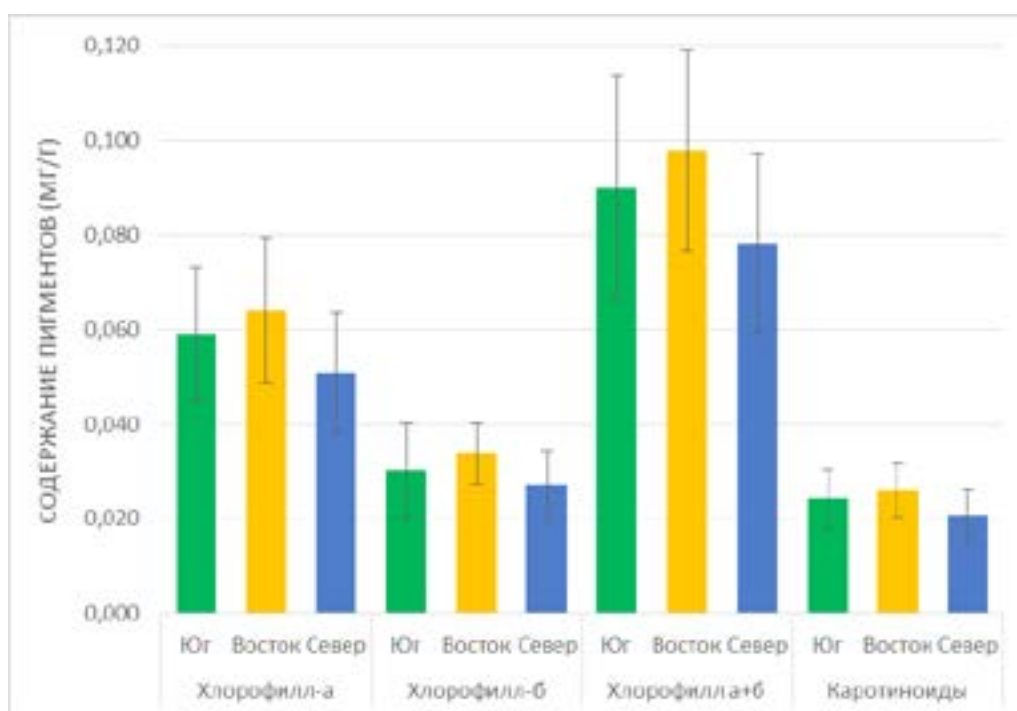


Рисунок 2 – Медианное содержание пигментов в листьях *S. tau-saghyz*

Медианные значения процентной доли каучука от сухой массы корня различалось слабо и составляло 22,625 для Востока, 21,96 для Севера и 22,60 для Юга (Рисунок 3).

Статистический анализ с использованием т-теста не показал статистически значимой разницы ($P < 0,05$) в содержании каучука между группами. В отличие от содержания пигментов,

которые значительно различились среди групп. Основными факторами, воздействующими на количество каучука, являются количество осадков, солнечный свет, относительная влажность, температура, состав почв [25].

Корреляционный анализ процентного содержания каучука и содержания пигментов.

Данные корреляционного анализа между содержанием каучука в корнях и содержанием пигментов в листьях *S. tau-saghyz* представлены в Таблице 1.

Вероятной причиной отсутствия разницы между группами может быть сходство в экзогенных абиотических факторах, за исключением количества поступающего солнечного света остальные факторы среды были одинаковы.

Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа между содержанием пигментов в листьях и содержанием каучука в корнях в образцах с различных склонов хребта Каратау

Переменные	Каучук		
	Север	Восток	Юг
Склоны			
Хлорофилл <i>a</i>	0.169	-0.090	-0.263
Хлорофилл <i>b</i>	0.094	-0.088	-0.286
Хлорофилл <i>a+b</i>	0.150	-0.088	-0.293
Каротиноиды	0.225	-0.098	-0.099

Данные Таблицы 1 показывают, что фотосинтетические пигменты имеют очень слабую связь с накоплением каучука в корнях. Интересно, что в группах с востока и юга имеющими наивысшее медианное содержание пигментов была обнаружена негативная корреляция, но в группе с севера с наименьшим медианным содержанием пигментов была обнаружена позитивная корреляция. Однако поскольку корреляция является очень слабой мы предполагаем отсутствие связи между количеством пигментов в листьях и накоплением каучука в корнях *S. tau-saghyz*.

Одной из причин отсутствия корреляции может быть конкуренция за изопентенилпирофосфат между цис-полиизопреновой ветвью и другими ветвями синтеза терпеноидов [21]. Принимая во внимание тот факт, что каучук является вторичным метаболитом, предполагается, что первостепенное значение для растений будет иметь синтез других веществ [26]. Более того, поскольку образцы листьев и корней отби-

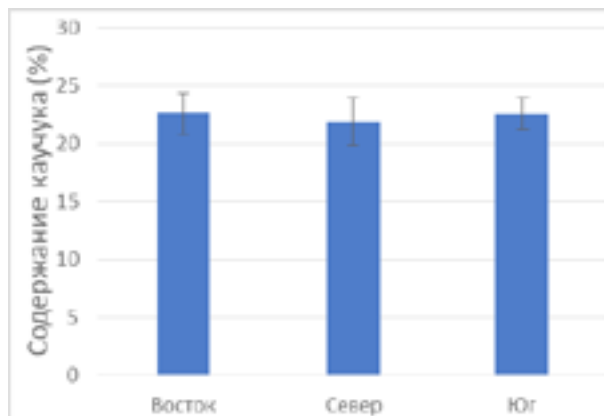


Рисунок 3 – Медианный процент доли каучука от сухой массы корня в *S. tau-saghyz*

рали в фазе цветения тау-сагыза, затратный процесс биосинтеза каучука подавлялся. Однако, Н.В.Культиасов указывает несколько фаз развития тау-сагыза, одна из которых – фаза покоя, во время которой накопление биомассы в растениях резко снижается [27]. Предполагается, что на этом этапе накопление каучука будет увеличиваться из-за отсутствия конкуренции за органические соединения.

Заключение

Натуральный каучук – это органический полимер, который широко используется в резиновой промышленности. *S. tau-saghyz* – полукустарник – растение которое можно использовать для посева в промышленных масштабах и сбора натурального каучука что в перспективе обеспечит постоянные поставки стратегического полимера, что благотворно повлияет на экономику Казахстана. В наших исследованиях для отбора перспективных линий каучуконоса, исследова-

ны процессы накопления пигментов и их связь с биосинтезом каучука.

Результаты статистического анализа показали значимую разницу в количестве пигментов между группами, произрастающими на разных склонах хребта Каратау, в то же время разницы между группами в накоплении каучука не было обнаружено. Первоначально предполагалось, что за счет возможности перехода, изопреноидов прекурсоров из метилэритритолфосфатного пути биосинтеза, проходящего в пластидах, в мевалонатный путь биосинтеза, проходящего в цитозоле, а также увеличения количества запасаемых углеводов, количество фотосинтетических пигментов может иметь положительное влияние на накопление каучука. Однако изучаемые фотосинтетические пигменты показали очень слабую связь с накоплением натурально-го каучука. Полученные данные показывают,

что количество пигментов в листьях не может использоваться как способ отбора линий с высоким содержанием каучука в корнях. Для создания коммерчески жизнеспособной культуры каучуконоса, требуются исследования других факторов.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомились с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта № AP08053131.

Литература

1. Puskas J., Chiang K., Barkakaty B. Natural rubber (NR) biosynthesis: Perspectives from polymer chemistry // Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber. – 2014. – P. 30-67.
- 2 van Beilen J.B., Poirier Y. Establishment of new crops for the production of Natural Rubber // Trends Biotechnol. – 2007. – Vol. 25. – P. 522-529.
- 3 van Beilen J.B., Poirier Y. Guayule and Russian dangelion as alternative sources of a Natural Rubber // Crit.Rev.Biotechnol. – 2007. – Vol. 27, – P. 217-231.
- 4 van Beilen J.B., Poirier Y. Production of renewable polymers from crop plant // Plant J. – 2008. – Vol. 54, – P. 684–701.
- 5 Buranov A. U., Elmuradov B. J. Extraction and Characterization of Latex and Natural Rubber from Rubber-Bearing Plants // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58, – P. 734–743.
- 6 Ekhaweng K., Evangelisti E., Schornack S., Tian M., Chungchow N. The plant defense and pathogen counterdefense mediated by *Hevea brasiliensis* serine protease HbSPA and *Phytophthora palmivora* extracellular protease inhibitor PpEPI10 // PLoS one. – 2017. – Vol. 12, No 5.
- 7 Mooibroek H., Cornish K. Alternative sources of Natural Rubber // Applied microbiology and biotechnology. -2000. – Vol. 53. – P. 355-365.
- 8 Wu M., McIntosh J., Liu J. Current prevalence rate of latex allergy: Why it remains a problem? // Journal of occupational health. – 2016. – Vol. 58, No 2. – P. 138-144.
- 9 Filon F. L., Radman G. Latex allergy: a follow up study of 1040 healthcare workers // Occupational and environmental medicine. – 2006. – Vol. 63, No 2. – P. 121–125. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.011460>
- 10 Kumar R. P. Latex allergy in clinical practice // Indian journal of dermatology. – 2012. – Vol. 57, No. 1. – P. 66–70. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.92686>
- 11 Binkley H.M., Schroyer T., Catalfano J. Latex allergies: a review of recognition, evaluation, management, prevention, education, and alternative product use // Journal of Athletic Training. – 2003. – Vol. 38. – No. 2. – P. 133-140.
- 12 Cornish K. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species // Phytochem, – 2011. – №57. – P. 1123-1134.
- 13 Турашева С., Богуспаев К., Фалеев Д., Альнурова А., Капытина А. Восстановление численности дикорастущего каучуконосного эндемика *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse. // Вестник КазНУ серия экологическая. – 2016. – Vol. 47. №2. – P. 141-150.
- 14 Boguspaev K., Turasheva S., Besbaeva B. Kobeykisi A. Microclonal propagation of the rare species of the rubber plant *Tau-Saghyz* (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) // Journal of Biotechnology. – 2014. – Vol. 185.
- 15 Культиясов М. В. Тау-сагыз и экологические основы введения его в культуру // Издательство академии наук СССР. Москва. – 1938.
- 16 Богуспаев К., Адильбаев Ж., Фалеев Д., Жанатаев Ш., Турашева С., Самбетов К. Перспективы разработки технологий восстановления популяции растений тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) в Каратауском государственном природном заповеднике // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2013. No. 2/2; – P. 38.

- 17 Cornish K., Xie W. Chapter Four – Natural Rubber Biosynthesis in Plants: Rubber Transferase // *Methods in Enzymology*. – 2012. – Vol. 515. – P. 63-82.
- 18 Xiao M., Fan W., Guo-Qiang C., Hai-Bo Z., Mo X., . Biosynthesis of Natural Rubber: Current State and Perspectives // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – P. 50.
- 19 Cao X.W., Yan J., Lei J.L., Li J., Zhu J.B., Zhang H.Y. De novo Transcriptome Sequencing of MeJA-Induced *Taraxacum koksaghyz* Rodin to Identify Genes Related to Rubber Formation // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7, – P. 10.
- 20 Sando T., Takeno S., Watanabe N., Okumoto H., Kuzuyama T., Yamashita A., Hattori M., Ogasawara N., Fukusaki E., Kobayashi A. Cloning and Characterization of the 2-C-Methyl-D-erythritol 4-Phosphate (MEP) Pathway Genes of a Natural-Rubber Producing Plant, *Hevea brasiliensis* // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 2008. – Vol. 72 No. 11. – P. 2903-2917.
- 21 Chow K. Mat I., Mohd N., Bahari A., Ghazali K., Alias, H., Mohd-Zainuddin Z., Hoh C., Wan K. Metabolic routes affecting rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis* latex // *Journal of experimental botany*. – 2011. – Vol. 63. – P. 1863-71.
- 22 Cherian S., Ryu S. B., Cornish K. Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects // *Plant biotechnology journal*. – 2019. – Vol. 17, No. 11. – P. 2041–2061.
- 23 Thaler P., Duangngam O., Kasemsap P., Sathornkich J., Chayawat C., Satakhum D., Priault P., Desalme D., Chantuma P., Ghashghaie J., Epron D., . The source of latex. Tracing carbon from leaf photosynthesis to latex metabolism in rubber trees using carbon stable isotopes // *CRR I and IRRDB International Rubber Conference*. Cambodia. – 2016. – P. 260-268.
- 24 Banu, Narasimhan. Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants // *International Journal of Science and Research (IJSR)*. – 2015. – Vol. 4. – P. 209-212.
- 25 Mitic V., Jovanovic V., Dimitrijevic M., Cvetkovic J., Stojanovic G. Effect of Food Preparation Technique on Antioxidant Activity and Plant Pigment Content in Some Vegetables Species // *Journal of Food and Nutrition Research*. – 2013. – Vol. 1. No. 6. – P. 121-127.
- 26 Zhu J., Zhang Z. Ethylene stimulation of latex production in *Hevea brasiliensis* // *Plant Signal Behav.* – 2009. – Vol 4 (11). – P. 1072-1074.
- 27 Культиясов, М. В. Тау-Сагыз и введение его в культуру // Москва: Издательство Академии наук СССР. – 1938. – С. 45-51.

References

1. Puskas, J., Chiang, K., Barkakaty, B. “Natural rubber (NR) biosynthesis: Perspectives from polymer chemistry.” *Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber*. (2014): 30-67.
- 2 van Beilen, J.B., Poirier, Y. “Establishment of new crops for the production of Natural Rubber.” *Trends Biotechnol.* Vol. 25, (2007): 522-529.
- 3 van Beilen, J.B., Poirier, Y. “Guayule and Russian dangelion as alternative sources of a Natural Rubber.” *Crit.Rev.Biotechnol.* Vol. 27, (2007): 217-231.
- 4 van Beilen, J.B., Poirier, Y. “Production of renewable polymers from crop plant.” *Plant J.* Vol. 54, (2008): 684–701.
- 5 Buranov, A. U., Elmuradov, B. J. “Extraction and Characterization of Latex and Natural Rubber from Rubber-Bearing Plants.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol. 58, (2010): 734–743.
- 6 Ekchaweng, K., Evangelisti, E., Schornack, S., Tian, M., Churngchow, N. “The plant defense and pathogen counterdefense mediated by *Hevea brasiliensis* serine protease HbSPA and *Phytophthora palmivora* extracellular protease inhibitor PpEPI10.” *PLoS one* Vol. 12, No 5. (2017).
- 7 Mooibroek, H., Cornish, K. “Alternative sources of Natural Rubber.” *Applied microbiology and biotechnology* Vol. 53, (2000): 355-365.
- 8 Wu, M., McIntosh, J., Liu, J. “Current prevalence rate of latex allergy: Why it remains a problem?” *Journal of occupational health* Vol. 58, No 2. (2016): 138-144.
- 9 Filon, F. L., Radman, G. “Latex allergy: a follow up study of 1040 healthcare workers.” *Occupational and environmental medicine* Vol. 63, No 2. (2006): 121–125.
- 10 Kumar, R. P. “Latex allergy in clinical practice.” *Indian journal of dermatology* Vol. 57, No. 1. (2012): 66–70.
- 11 Binkley, H.M., Schroyer, T., Catalfano, J. “Latex allergies: a review of recognition, evaluation, management, prevention, education, and alternative product use.” *Journal of Athletic Training* Vol. 38. No. 2. (2003): 133-140.
- 12 Cornish, K. “Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species.” *Phytochem* No 57. (2011): 1123-1134.
- 13 Turasheva, S., Boguspaev, K., Faleev, D., Al'nurova, A., Kapytina, A. “Vosstanovlenie chislennosti dikorastushhego kauchukonosnogo jendemika *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse.” *Vestnik KazNU serija jekologicheskaja* Vol. 47, №2. (2016): 141-150.
- 14 Boguspaev, K., Turasheva, S., Besbaeva, B. Kobeykisi, A. “Microclonal propagation of the rare species of the rubber plant *Tau-Saghyz* (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse).” *Journal of Biotechnology*. – Vol. 185. (2014)
- 15 Kul'tijasov, M. V. “Tau-sagyz i jekologicheskie osnovy vvedeniya ego v kul'turu” *Izdatel'stvo akademii nauk SSSR. Moskva*. (1938).
- 16 Boguspaev, K., Adil'baev, Zh., Faleev, D., Zhanataev, Sh., Turasheva, S., Sambetov, K. “Perspektivy` razrabotki tekhnologij vosstanovleniya populyaczii rastenij tau-sagyz`za (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) v Karatauskom gosudarstvennom prirodnom zapovednike.” *Vestnik KazNU. Seriya e`kologicheskaja* No. 2/2. (2013): 38.

- 17 Cornish, K., Xie, W. "Chapter Four – Natural Rubber Biosynthesis in Plants: Rubber Transferase." *Methods in Enzymology* Vol. 515.(2012): 63-82.
- 18 Xiao, M., Fan, W., Guo-Qiang, C., Hai-Bo, Z., Mo, X. "Biosynthesis of Natural Rubber: Current State and Perspectives." *International Journal of Molecular Sciences* Vol. 20. (2019): 50.
- 19 Cao, X.W., Yan, J., Lei, J.L., Li, J., Zhu, J.B., Zhang, H.Y. "De novo Transcriptome Sequencing of MeJA-Induced *Taraxacum koksaghyz* Rodin to Identify Genes Related to Rubber Formation." *Scientific Reports* Vol. 7. (2017): 10.
- 20 Sando, T., Takeno, S., Watanabe, N., Okumoto, H., Kuzuyama, T., Yamashita, A., Hattori, M., Ogasawara, N., Fukusaki, E., Kobayashi, A. Cloning and Characterization of the 2-C-Methyl-D-erythritol 4-Phosphate (MEP) Pathway Genes of a Natural-Rubber Producing Plant, *Hevea brasiliensis* // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 2008. – Vol. 72 No. 11. – P. 2903-2917.
- 21 Chow, K. Mat, I., Mohd, N., Bahari, A., Ghazali, K., Alias, H., Mohd-Zainuddin, Z., Hoh, C., Wan, K. "Metabolic routes affecting rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis* latex." *Journal of experimental botany* Vol. 63. (2011): 1863-1871.
- 22 Cherian, S., Ryu, S. B., Cornish, K. "Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects." *Plant biotechnology journal*. (2019). – Vol. 17, No. 11. – P. 2041–2061.
- 23 Thaler, P., Duangngam, O., Kasemsap, P., Sathornkich, J., Chayawat, C., Satakhum, D., Priault, P., Desalme, D., Chantuma, P., Ghashghaie, J., Epron, D. "The source of latex. Tracing carbon from leaf photosynthesis to latex metabolism in rubber trees using carbon sTable isotopes." *CRRRI and IRRDB International Rubber Conference Cambodia*. (2016): 260-268.
- 24 Banu, N. "Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants." *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Vol. 4. (2015): 209-212.
- 25 Mitic, V., Jovanovic, V., Dimitrijevic, M., Cvetkovic, J., Stojanovic, G. "Effect of Food Preparation Technique on Antioxidant Activity and Plant Pigment Content in Some Vegetables Species." *Journal of Food and Nutrition Research*. Vol. 1. No. 6 (2013): 121-127.
- 26 Zhu, J., Zhang, Z. "Ethylene stimulation of latex production in *Hevea brasiliensis*." *Plant Signal Behav.* Vol 4 (11). (2009): 1072-1074.
- 27 Kul'tijasov, M.V. Tau-Sagyž i vvedenie ego v kul'turu [Tau-Sagyž and its introduction into culture]. *Moskva: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR*. 1938: 45-51.