

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ НА ПРИМЕРЕ РЕДКИХ СИБИРСКИХ ВИДОВ

Т.В. Елисафенко

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия, e-mail: tveli@list.ru

Обсуждены проблемы, касающиеся восстановления природных популяций. Поэтапно исследованы процессы реконструкции популяций на примере шести редких сибирских видов: *Allium eduardi* Stearn ex Airy Shaw (Amaryllidaceae), *Brachanthemum krylovii* Sergievsk. (Asteraceae), *Hedysarum theinum* Krasnob. (Fabaceae), *Viola taynensis* T. Elisafenko et Ovczinnikova, *V. dactyloides* Schult., *V. ingolensis* T. Elisafenko и гибрида *Viola × incissecta* V.I. Nikit. (Violaceae). По результатам, полученным в процессе реконструкции, сделаны выводы относительно успешности проведения восстановительных работ для популяций каждого вида. Рассмотрены проблемы выбора места для реконструкции и генотипического соответствия донора и реципиента. В первые годы необходимо организовать агротехнические мероприятия для снижения конкуренции. Отмечено, что темпы развития и морфологическая характеристика реинтродуцентов соответствуют развитию растений природных популяций для большинства видов. Выявлена возможность реконструкции *Hedysarum theinum*, *Viola dactyloides*, *V. ingolensis* и *Viola × incissecta* в существующих сообществах, необходимость поиска новых мест реконструкции для *V. taynensis* и применение транслокации и репатриации (*in vitro*) для *Brachanthemum krylovii*.

Ключевые слова: реконструкция, реинтродукция, редкий вид, устойчивые популяции, мониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биоразнообразия растений проводится по двум основным направлениям: сохранение в естественных условиях и в интродукционных центрах. В первом случае – это включение видов в списки Красных книг различного уровня (государственные и региональные), а также охрана на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Во втором случае – выращивание растений в условиях культуры, изучение особенностей биологии видов, разработка рекомендаций для расширения культивируемого ареала и сохранения в естественных условиях. Со второй половины XX в. развивается гибридное направление – восстановление популяций в естественных условиях с использованием интродукционного материала.

Ботанические сады имеют не только обширные коллекции видов, но и методические разработки по выращиванию растений и данные по их биологическим особенностям. Поэтому они являются ключевым звеном в мировом аспекте по сохранению и восстановлению природных популяций (Guerrant et al., 2004; Kennedy et al., 2012). Понятийный аппарат, используемый в подобных мероприятиях, как и подходы и методы недостаточно разработаны. Понятие “реинтродукция”, которое часто используется для этих целей, не всегда от-

ражает общий характер и разнообразие процессов по восстановлению природных популяций. Нами предложены следующие определения: реконструкция – восстановление природных популяций, которое включает мероприятия по ревификации и реставрации, а также методы реконструкции: реинтродукция, транслокация и репатриация (Елисафенко, Дорогина, 2019). Репатриация предполагает проращивание семян для получения рассады или микрклональное размножение растений без интродукционного этапа (выращивания в грунте). Популяция, чей материал используется для восстановления, является донором, восстанавливаемая популяция – реципиентом.

Несмотря на то что восстановление природных популяций становится все более актуальным направлением в рамках решения проблемы по сохранению биоразнообразия, результаты, представленные в литературе, немногочисленны. Одна из причин, как справедливо отмечают некоторые исследователи (Drayton, Primack, 2012; Розно и др., 2014), связана с публикацией положительных результатов, а отрицательный опыт, как правило, не получает освещения в научной литературе. Отрицательный опыт реконструкции исследователи связывают с недостаточностью информации о

причинах неблагоприятного состояния популяции или ее исчезновения, а также с биологическими особенностями видов, включая молекулярно-генетические характеристики (Maschinski, Albrecht, 2017; Bontrager et al., 2014; Kaulfub, Reisch, 2017). Для ряда видов, как отмечено этими авторами, наличие инбридинговой и аутбридинговой депрессии резко снижает успех реконструкции.

В настоящее время приоритетными объектами для реконструкции являются популяции видов, включенных в Красную книгу Российской Федерации (2008). Также целесообразно восстанавливать сокращающиеся численность природные популяции видов, входящие в региональные Красные книги, слабоизученные виды или имеющие научное значение. На обширной территории России представлены разнообразные сообщества – от арктических пустынь до полупустынь. Следовательно, получить интродукционный материал для реконструкции популяций конкретного вида целесообразно в питомниках, расположенных в пределах ареала вида или характеризующихся экологическими условиями, близкими к естественным местообитаниям. Территория Сибири составляет 9.8 млн км² (57 % от площади России), на которой зарегистрировано 4587 видов и подвидов из 848 родов и 145 семейств сосудистых растений (Конспект..., 2005). Значительная площадь Сибири занята горными экосистемами, которые отличаются большим числом редких и исчезающих видов, включенных в региональные Красные книги. Из 514 покрытосеменных, голосеменных и папоротникообразных видов растений, включенных в Красную книгу Российской Федерации (2008), 108 видов (21 %), произрастают на территории Сибири. Кроме этого 46 сибирским видам, отмеченным в Красной книге РФ, не присвоена категория редкости, но рекомендуется проводить мониторинг состояния их популяций. В списки региональных Красных книг включено более 1500 видов сибирской флоры. Однако высокогорные виды и ксерофиты, указанные в Красных книгах, часто являются эндемиками или стеногопными видами и неперспективны для интродукции или слабоустойчивы в условиях культуры. Это ограничивает возможности реконструкции методом “реинтродукции”.

С 1967 г. в лаборатории интродукции редких и исчезающих видов растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС) создается коллекция редких и исчезающих видов растений Сибири. В настоящее время в коллекции представлены 227 видов, 346 популяций из 12 регионов Сибири. Все популяции природного происхождения, с точным местом сбора. Коллекция создана по экологическому принципу, включая

создание микроэкологических условий, подобных природным местообитаниям видов. Это интродукционная база для восстановления природных популяций. С 2009 г. сотрудниками лаборатории начата реконструкция природных популяций. Мы выделяем четыре основных этапа реконструкции: подготовительный (выбор объекта, места и метода реконструкции), создание базы исходного материала для реконструкции, непосредственно восстановительные работы, мониторинг и оценка результатов реконструкции. Экспедиционные исследования включают поиск популяций видов, занесенных в списки Красных книг, эндемиков и реликтов, а также проведение мониторинга найденных популяций. Эти исследования являются основой подготовительного этапа реконструкции. Подготовительный этап очень важен: обоснованность выбора объекта и метода реконструкции может значительно сократить расходы при восстановлении природной популяции.

Цель настоящей работы – выявить возможность восстановления природных популяций редких сибирских видов *Allium eduardi* Stearn ex Airy Shaw (Amaryllidaceae), *Brachanthemum krylovii* Sergievsk. (Asteraceae), *Hedysarum theinum* Krasnob. (Fabaceae), *Viola taynensis* T. Elisafenko et Ovczinikova, *V. dactyloides* Schult., *V. ingolensis* T. Elisafenko, *Viola × incissecta* Vl.V. Nikit. (Violaceae). Для этого поставлены задачи: проанализировать опыт восстановления природных популяций в России и за рубежом, выявить критические этапы реконструкции, провести восстановительные мероприятия у выбранных объектов, определить эффективность реконструкции.

Allium eduardi – травянистый поликарпический короткокорневищный многолетник, ксеропетрофит. Низкогорный вид центрально-азиатского ареала, в Сибири встречается только на Алтае и в Туве. Включен в Красные книги Алтайского края (2006) и Республики Алтай (2017). Выращивается в Центральном сибирском ботаническом саду с 1980 г., где интродуцировался неоднократно (Интродукция..., 2017).

Brachanthemum krylovii – стержнекорневое поликарпическое растение, кустарник или вынужденный полукустарничек, ксеропетрофит, облигатный кальцефит, горно-степной вид, эндемик Алтая. Занесен в Красную книгу Республики Алтай (2017). Неперспективный вид для интродукции, интродуцировался неоднократно в ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск) с 1986 г. (Семенова, 2007; Дорогина и др., 2018).

Hedysarum theinum (рис. 1) – травянистый поликарпический стержнекорневой многолетник, ксеропетрофит, редкий высокогорный субальпийский вид с дизъюнктивным центрально-южно-си-



Рис. 1. *Hedysarum theinum*. Второй этап реконструкции. Экспозиция “Редкие и исчезающие растения Сибири”.

Fig. 1. *Hedysarum theinum*. Second stage of reconstruction. The exposition “Rare and Endangered Plants of Siberia”.

бирским ареалом (Алтай, Монголия, Джунгарский Алатау). Включен в Красные Книги Алтайского края (2016) и Республики Алтай (2017). Охраняется только в одном заповеднике – Катунском (Современное состояние..., 2003). Выращивается в ЦСБС СО РАН и Сибирском ботаническом саду (г. Томск) (Карнаухова, 2007; Жмудь, Зиннер, 2011).

Viola dactyloides (рис. 2, а) – травянистый поликарпический розеточный короткокорневищный многолетник, мезофит, лесной вид с североазиатским дизъюнктивным ареалом. Встречается на юге Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. Недавно обнаружена изолированная популяция в Алтайском крае – самая западная точка ареала (Черных, 2012). Включен в четыре сибирские региональные Красные книги: Красноярского края (2012), Республики Саха (Якутия) (2017), Республики Тыва (2018), Республики Хакасия (2012). Выращивается в четырех интродукционных центрах Сибири (Интродукция..., 2017).

Viola ingolensis (см. рис. 2, б) – травянистый поликарпический розеточный многолетник, опи-

сан как новый вид (Елисафенко, 2019), ранее относился к *V. incisa*, который включен в Красную книгу РФ (2008) и ряд региональных Красных книг. Классическое местонахождение (Locus classicus) *Viola ingolensis* – территория памятника природы “озеро Инголь” (Красноярский край). Выращивается в ЦСБС СО РАН с 1982 г.

Viola × incissecta – гибрид со стерильными цветками, ранее определялся как *V. incisa*. Оба вида встречаются на юге Западной Сибири в лесах и на лугах. Ксеромезофиты. Выращивается в ЦСБС СО РАН с 2009 г.

Viola taynensis (см. рис. 2, с) – травянистый поликарпический розеточный многолетник, описан как новый, единственный столонообразующий вид фиалок в Сибири. Растет в смешанном лесу, мезофит. В конце XX в. растения этого таксона были найдены в пихтовом лесу в окрестностях с. Тайна (Елисафенко, 2015). Это единственное местонахождение данного вида на настоящее время.

Таким образом, меры охраны, применяемые к перечисленным видам, разнообразны, но незначительны.

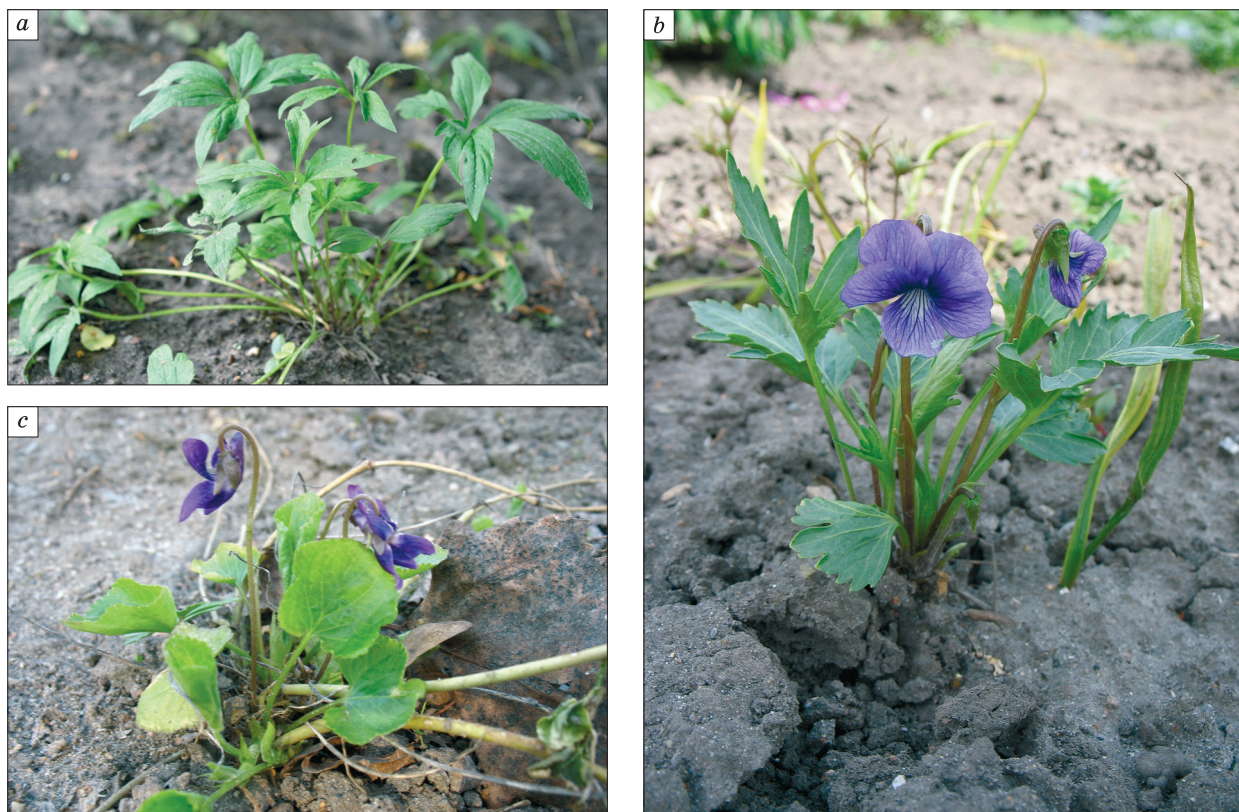


Рис. 2. Второй этап реконструкции. Экспозиция “Редкие и исчезающие растения Сибири”.
a – *Viola dactyloides*, *b* – *V. ingolensis*, *c* – *V. taynensis*.

Fig. 2. Second stage of reconstruction. The exhibition “Rare and Endangered Plants of Siberia”.
a – *Viola dactyloides*, *b* – *V. ingolensis*, *c* – *V. taynensis*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются эндемики всевозможных жизненных форм, относящиеся к разным экологическим группам. Названия таксонов представлены в соответствии с международной классификацией (The Plant List). Для пяти видов применяли реставрацию, восстанавливали существующие популяции (табл. 1). Для *Viola taynensis* проводили ревификацию, так как естественные местообитания – пихтовые леса – были уничтожены, и на их месте растет осинник. Для реконструкции выбран участок в смешанном лесу с немногочисленными группами пихт на берегу р. Иша, на расстоянии 3 км от основной популяции данного вида.

При реконструкции выделили четыре этапа. Модельным объектом выбран *Hedysarum theinum*, как наиболее изученный. Работы по реставрации этого вида, проведенные нами совместно с сотрудниками Горно-Алтайского ботанического сада (пос. Камлак), включали следующие этапы:

1) исследование природных мест произрастания вида, изучение экологии, онтогенеза, состояния популяций (Карнаухова, 2007; Асташенков, Нечепуренко, 2011); выбор участка для реставрации;

2) изучение биологии в условиях культуры, включая биологические особенности прорастания семян (Карнаухова, 2007; Нечепуренко, Дорогина, 2010); сбор семян, размножение в питомнике для реставрации;

3) посев семян и пересадка растений из питомника;

4) мониторинг состояния популяции.

Выбраны две популяции в пределах естественного ареала, одна из которых находится в Усть-Коксинском районе на хр. Холзун, гора Красная, а другая – в Шебалинском районе на Семинском перевале, где существующие популяции подвергаются мощному антропогенному воздействию – выкапыванию растений и выпасу. При выборе участков для работ по реставрации популяций *H. theinum* руководствовались тем, что популяции-реципиенты удалены от мест туристических стоянок и поэтому мало посещаемы. По возможности выбирали опытные участки, с двух сторон окруженные деревьями, что способствовало бы накоплению и задержанию снега в зимний период, но при этом склон и естественный дренаж почвы препятствовали бы застою влаги.

Опыт реконструкции природных популяций в Центральном сибирском ботаническом саду
(г. Новосибирск)

Experience in the reconstruction of natural populations in the Central Siberian Botanical Garden
(Novosibirsk)

Вид	Тип реконструкции	Метод реконструкции	Способ посадки или посева, год	Эффективность реконструкции (ЭР)
<i>Allium eduardi</i>	Рестаурация	Реинтродукция, рассада	Групповой, 2011	ЭР особями, (0 %)
<i>Brachanthemum krylovii</i>		Репатриация, рассада	Тот же, 2014	ЭР на второй год – 10 %
<i>Hedysarum theinum</i>		Транслокация, семена Реинтродукция, рассада, семена Репатриация, семена	Деляночный со снятием дерна, 2009	ЭР на второй год – 9–14 %. Единичные особи перешли в генеративный период на 8-й год жизни
<i>Viola dactyloides</i>		Реинтродукция, рассада, семена	Ленточный, 2014	ЭР на второй год рассадой – 80 %, семенами – 0 %
<i>Viola × incissecta</i>		Реинтродукция, вегетативные части	Тот же, 2011	ЭР в первый год – 45 %. Неустойчивая популяция, в течение 5 лет наблюдается постепенная элиминация реинтродуцентов
<i>Viola ingolensis</i>		Реинтродукция, семена	Тот же, 2014	ЭР на второй год – 0 %
<i>Viola taynensis</i>	Ревификация	Реинтродукция, семена, розеточные побеги столонов	Деляночный со снятием дерна, 2015	ЭР на второй год – 1–13 %
			Ленточный, 2014, 2015	

Эти факторы способствуют эффективному развитию растений на всех этапах онтогенеза. В качестве исходного материала для рестаурации использовали семена, собранные из популяций, произрастающих на горе Красная (сборы 2008 и 2010 гг.) и с растений интродукционных популяций (урожай 2009 г.) ЦСБС СО РАН и Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (СибБС ТГУ). В СибБС растения выращены из семян, собранных в окрестности г. Лениногорска (1998 г.).

Для выбранных видов применяли различные методы реконструкции в зависимости от жизненной формы, способности к семенному размножению и экологических условий обитания (Елисафенко, Дорогина, 2015) (см. табл. 1). В течение подготовительного этапа изучали природные популяции-реципиенты. Определяли экологическую плотность популяций (Одум, 1986), морфометрические показатели. Результаты этих исследований представлены в ряде работ (Елисафенко, Жмудь, 2011; Дорогина и др., 2018).

Второй наиболее длительный этап рестаурации – это создание базы для восстановительных работ, в том числе сбор семян из природных популяций для транслокации, сбор семян из интродукционных популяций и выращивание из них рассады для реинтродукции. Во всех случаях ис-

ходным материалом для реконструкции послужили семена или живые растения с популяций-реципиентов. Для *Brachanthemum krylovii*, *Allium eduardi*, *Viola dactyloides*, *V. ingolensis*, *V. taynensis* использовали семена. Рассаду для рестаурации выращивали лабораторно-теплично-грунтовым способом (Дюрягина, 1982). У вегетативно подвижного вида (*Viola taynensis*) и стерильных растений *Viola × incissecta* брали части растений (корневища или столона).

Для восстановления популяций использовали различные способы посадки рассады или посева (см. табл. 1): деляночный со снятием дерна (*Hedysarum theinum*, *Viola ingolensis*), групповой (*Allium eduardi*, *Brachanthemum krylovii*) или ленточный (*Viola dactyloides*, *V. ingolensis*, *V. taynensis*). В первом случае формировали делянки площадью 1 м², во втором – растения высаживали группой по 5 особей, в третьем – создавали ряды для посева (50–100 шт. семян в ряд) или высадки рассады. В последующие годы проводился мониторинг для определения эффективности реконструкции популяций: всхожесть семян, приживаемость растений, метрические показатели вегетативной сферы, онтогенетическое состояние.

Для обработки полученных результатов использовали метод вариационной статистики при 10–20-кратной повторности. Определяли:

M – среднее арифметическое значение, $\pm m$ – его ошибку, V – коэффициент вариации, t_{05} – крите-

рий Стьюдента при 95%-м уровне вероятности (Зайцев, 1990).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам предварительного этапа выявлено состояние популяций и причины, которые могут привести к их исчезновению. *Allium eduardi*, *Brachanthemum krylovii*, *Viola* × *incissecta* располагались вблизи населенных пунктов, *Viola ingolensis* – на территории базы отдыха. Популяции первых двух видов подвергались выпасу, в результате которого у растений *A. eduardi* повреждались корневища с почками возобновления: вследствие механического вытаптывания корневища оказывались на поверхности почвы и почки засыхали. У растений *B. krylovii* годичные побеги объедались овцами (Дорогина и др., 2018). Популяции всех видов испытывали также рекреационную нагрузку (вытаптывание, разведение костров, палы, строительство). Кроме этого, вблизи популяции *Viola* × *incissecta* были вырублены деревья для линии электропередачи, и освещение местообитания этого вида изменилось. Популяции *Hedysarum theinum* находились в труднодоступных местах, но так как растения являются лекарственными, происходит интенсивная заготовка сырья. В результате смены растительного сообщества (на месте вырубленного пихтового леса растет орляково-высокотравный осинник) изменились экологические факторы, влияющие на растения *Viola taynensis*. В настоящее время обнаружены два локуса популяции, находящихся на расстоянии 20 м: один площадью 6 м², второй – 1 м². При подробном обследовании прилегающей территории в пределах нескольких километров растения этого вида не найдены.

Таким образом, основная угроза существования всех популяций – антропогенная деятельность, которая выражается в различной форме, от прямого уничтожения растений до косвенного влияния (изменение экологических условий). Биологические особенности каждого вида определяют возможность устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам.

Allium eduardi. В 2006 г. была проведена интродукция растений на участок “Редкие и исчезающие виды растений Сибири” из популяции, расположенной в Онгудайском районе в окр. пос. Чуй-Оозы. Популяция находится на северо-восточном склоне и на вершине горы, вблизи населенного пункта. Экологическая плотность составила 4.4 особи/м². Рассадку для реставрации вырастили лабораторно-теплично-грунтовым способом из семян интродукционной популяции. В 2011 г. были высажены 34 особи первого года жизни, по 4–5 растений групповым способом (7 групп) в разные микроэкологические условия: открытый участок, около кустарников и в моховой покров. Мо-

ховой покров благоприятен для влагообеспечения растений и предотвращает их засыхание. Несмотря на это, из-за засушливого лета в 2011 г. через год нами не найдено ни одного из посаженных растений. Таким образом, для реконструкции популяций данного вида необходимо использовать особи старше двух лет, что повысит вероятность их выживания.

Brachanthemum krylovii. В 2013 г. были собраны семена из популяции, расположенной в Онгудайском районе в окр. пос. Чуй-Оозы. Популяция малочисленная, состояла из 18 особей, которые располагались на площади 104 м², 77 % растений имели генеративные побеги. Лабораторная всхожесть семян составляет 100 %, и это позволяет выращивать рассадку для реконструкции. Однако при размножении в лабораторных условиях только 6 % растений достигли ювенильного состояния. В 2014 г. растения были высажены в условиях культуры (14 особей) и в природное местообитание (10 особей). В 2015 г. найдено три особи на участке реконструкции, а в интродукции не выжило ни одно растение. В 2016 г. осталось одно растение на участке реконструкции. Таким образом, нами установлено, что репатриация рассадкой низкоэффективна для данного вида. Вероятно, целесообразно проводить репатриацию посевом семян в грунт в природных сообществах.

Hedysarum theinum. Исследования по биологии и интродукции этого вида проводились сотрудниками лаборатории интродукции редких и исчезающих видов ЦСБС СО РАН (Семенова, 2007; Агафонова О.В., Агафонова М.А., 2002; Дорогина, Агафонова, 2004). Так как для реставрации популяций *H. theinum* нецелесообразно использовать генотипически однородные семена, предварительно (перед третьим этапом реконструкции) проведен генетический анализ на соответствие гетерогенности популяции (Агафонова О.В., Агафонова М.А., 2002). Кроме того, изучена биология прорастания семян, установлены сроки хранения семян, в течение которых целесообразно проводить посев, а также необходимость скарификации (Нечепуренко, Дорогина, 2010). О.В. Дорогиной и М.А. Агафоновой установлено, что электрофоретические спектры полипептидов семян *H. theinum*, используемых для реставрации природной популяции, изменчивы. Это позволит избежать инбридинговой депрессии в восстанавливаемой популяции.

На двух выбранных локусах заложено 64 площадки каждая по 1 м², на которых посеяно 36 017 семян и высажено 979 растений (рис. 3). К настоя-



Рис. 3. *Hedysarum theinum*. Третий этап реконструкции. Подготовка субстрата (удаление дерна и камней) и посев.

Fig. 3. *Hedysarum theinum*. Third stage of reconstruction. Preparation of the substrate (removal of sod and stones) and sowing.

шему времени закончены три этапа реставрационных работ в природных популяциях в местах естественного произрастания этого вида. Разработаны основные рекомендации. Обнаружено, что обработка семян скарификацией (нарушение целостности семенной кожуры) не влияет на грунтовую всхожесть (4–15 %). Более целесообразным при реставрации популяций, на наш взгляд, является посев семян, так как процесс реставрации рассадой более трудоемок, чем семенами. Кроме этого, анализ проведенных восстановительных работ показал, что эффективность реставрации на третий год вегетации не зависит от способа восстановления – рассадой или посевом в грунт. На восьмой год реставрации генеративного состояния достигли только единичные особи, выращенные как из семян, так и из рассады.

***Viola dactyloides*.** Популяция-реципиент – самое западное местонахождение данного вида, находится в лесопарке г. Бийска (Алтайский край) в средней части склона северной экспозиции, заросшего кустарником, на территории площадью 40 м². Участок представляет собой узкую полосу длиной

10 м в средней части склона. Экологическая плотность популяции составила от 5 до 10 особей/м². Эта популяция интродуцирована на территории ЦСБС СО РАН в 2011 г. из семян и живых особей. За три года сформирован семенной фонд из интродукционной популяции. В 2014 г. был проведен весенний посев (400 семян), а в июле высажена рассада (60 растений) ленточным способом на разных уровнях по склону. Реставрация популяции семенами оказалась отрицательной, всходы не появились в течение двух лет (2014, 2015), хотя в условиях культуры наблюдается самосев в течение лета, так как диссеминация длится с июня по октябрь, а семена не имеют периода покоя. Однако реинтродукция рассадой была эффективна: в 2014 г. отмечена 100%-я приживаемость, в июле 2015 г. нами найдено 80 % высаженных растений, 25 % из них перешли в генеративный период, остальные особи находились в прегенеративном периоде. Таким образом, при реконструкции популяций данного вида целесообразно использовать рассаду.

***Viola ingolensis*.** Популяция располагается узкой полосой (ширина в пределах 20 м) вдоль бере-

гового крутого лугового склона с группами кустарников и редкостоящими березами (на расстоянии 0.5 км). Растения встречаются единично, изредка образуя скопления до 8 особей на 1 м². Г.П. Семеновой из семян от растений этой популяции в 1982 г. выращены особи и на территории ЦСБС была создана интродукционная популяция. В настоящее время накоплено большое количество семенного материала. В 2014 г. проведена реставрация семенами ленточным способом, всего посеяно 400 шт. В 2015 г. было выявлено 20 особей прегенеративного периода (5 % от посеянных семян), а в 2016 г. не найдено ни одного из них. В 2015 г. дополнительно посеяно 1000 семян (10 рядов по 100 шт.) деланочным способом на площади 1 м² после снятия дерна. В 2016 г. определена всхожесть семян, которая значительно варьировала – 3–28 %. У большей части растений (до 90 %) обнаружено наличие семядоли и один лист. На второй год (2017) выжило в среднем 45 % (от 14 до 77 %). Ни одно растение не перешло в генеративное состояние. В условиях интродукции особи переходят в генеративное состояние в течение первого года жизни. Таким образом, темпы развития растений при реставрации, несмотря на искусственное снижение конкуренции, замедляются относительно условий интродукции и соответствуют природным популяциям.

Viola × incissecta. Популяция-реципиент находится в окрестностях г. Горно-Алтайска (Республика Алтай) на горе Тугая, в лесопарке. Популяция в 2011 г. занимала 10 м², экологическая плотность составляла 1.9 особи/м². В 2009 г. от сотрудников Горно-Алтайского ботанического сада (пос. Камлак) получен интродукционный материал (живые особи), из которого в условиях культуры ЦСБС за счет реализации роста почек возобновления сформировались мощные особи. В 2011 г. две особи были разделены на 17 вегетативных частей и посажены ленточным способом в природную популяцию. Место посадки находилось в затененной части лесопарка под кронами деревьев, что пре-

дотвратило высыхание растений. Эффективность реконструкции была незначительна, приживаемость растений через год составила 65 %, причем у двух особей наблюдался рост вегетативных побегов из почек в подземной части корневища (табл. 2). В 2013 г. на участке реконструкции было обнаружено 10 особей, некоторые образовывали новые побеги за счет реализации почек возобновления на корневище. Дополнительно высажены еще 9 особей из интродукционной популяции. На основании результатов оценки приживаемости этих растений (выраженной в процентах) в течение трех лет выявлено, что происходит уменьшение числа выживших особей. В 2014 г. недалеко от участка реконструкции была организована просека для линии электропередачи. Уничтожение деревьев привело к увеличению освещенности участка реставрации. В 2014 г. нами отмечено там всего 10 особей, у большинства из них оказались сильно повреждены (съедены) листья. В 2015 г. на этом участке обнаружено 21 растение. Вероятно, в течение четырех лет происходило укрепление и развитие корневой системы и корневища, а в дальнейшем – отрастание за счет почек корневища и партикуляция. В это же время нами дополнительно посажено 17 особей на расстоянии 20 м от первого участка, в более затененное место.

Проведенный сравнительный анализ морфометрических признаков показал, что в популяциях, подвергшихся реконструкции, растения второго-третьего года достоверно не отличались от растений природной популяции по отношению длины листа и листовой пластинки (т. е. только по аллометрическим показателям).

Viola taynensis. Ранее отмечалось, что для данного вида проводилась ревификация на участке, где сохранились пихты, составляющие исходный фитоценоз для этого растения. В 2011 г. живые растения *V. taynensis* из исчезающей популяции нарушенного фитоценоза были высажены на интродукционный участок в ЦСБС. Материал для реконструкции был получен в результате вегета-

Таблица 2

Оценка эффективности реконструкции популяции *Viola × incissecta*
(Республика Алтай, окр. г. Горно-Алтайска)

Evaluation of the effectiveness of the reconstruction of the *Viola × incissecta* population
(Republic of Altai, Gorno-Altaiisk)

Год	Число особей		Эффективность реконструкции, %
	отросло	посажено	
2011	–	17	–
2012	11	0	65 (1-й год)
2013	10	9	59 (2-й год)
2014	11 (6 от 2011 г. + 5 от 2013 г.)	0	56 (1-й год), 35 (3-й год)
2011–2014	11	26	42 (итоговая)

тивного размножения этих растений. В 2014 г. заложен участок реконструкции (высажено 50 особей), к 2015 г. выжили 20 % растений, в 2016 г. не найдено ни одного растения. В июле 2015 г. высажена 31 особь и посеяно 400 семян. Всхожесть семян в 2016 г. составила 5.5 %. У всех особей присутствовали семядоли и один лист, но у многих были съедены вегетативные части. Необходимо отметить, что при посеве под кронами деревьев верхний слой почвы оставался сухим, несмотря на дождливую погоду. Поэтому на участке реконструкции, вероятно, влажность почвы и вредители являются лимитирующими факторами для роста и развития растений.

В результате проведенных мероприятий установлено, что эффективность реконструкции не всегда зависит от способа восстановления популяции – семенами или рассадой. Ряд исследователей утверждают, что реконструкция взрослыми растениями при реинтродукции или транслокации эффективнее, чем семенами, но финансово более затратна (Drayton, Primack, 2000; Jusaitis et al., 2004; Reckinger et al., 2010; Maschinski, Albrecht, 2017). В наших исследованиях эффективность реконструкции популяций *Hedysarum theinum* после трех лет реставрации не зависела от способа, который использовался для восстановления популяций, а для популяции *Viola dactyloides* посев семенами оказался безрезультатным. Некоторые авторы отмечали, что темпы развития растений при реконструкции выше, чем в природных популяциях. Так, И.О. Игнатенко (1995) обнаружила сходство по темпам развития в популяциях *Brunnera sibirica* Steven при реконструкции (вегетативными частями растений) и в культуре. Такой же результат был получен J. Maschinskia и J. Duquesnelb (2007) при реконструкции нескольких природных популяций *Pseudophoenix sargentii* H. Wendl. ex Sarg во Флориде и Н.А. Карнауковой и С.Я. Сыевой (2012) при реконструкции популяции *Hedysarum theinum* (посев семян в борозды). Нами установлено, что темпы роста и развития *H. theinum*, *Viola ingolensis* на участках реконструкции не отличались от природных популяций.

B. Drayton и R. Primack (2000) отмечают на основании исследований восьми видов многолетних растений, что выкапывание делянок для снижения конкуренции не приводит к большому успеху. Удаление конкурентов при реконструкции популяций *Arenaria paludicola* Rob. также не повлияло на развитие растений (Bontrage et al., 2014). В наших исследованиях при реставрации популяции *Viola ingolensis* растения сохранились через два года только на делянке с удаленным дерном, но это не повлияло на скорость их онтогенеза.

В исследованиях при реставрации мы придерживались концепции сходства генофонда восста-

навливаемой популяции (реципиента) и донора. Для этого необходимо проводить идентификацию по молекулярно-генетическим маркерам донора и реципиента (как было сделано, например, для *H. theinum*), или донор и реципиент должны быть представителями одной популяции (остальные виды нашего исследования). В последнем случае использовали методы “репатриации” (получение рассады из семян восстанавливаемой популяции) или “реинтродукции” (материал интродукционной популяции, источником которой является восстанавливаемая популяция). Мнения исследователей расходятся в вопросе идентичности генофонда реципиента и донора. Так, J. Akeroyd и P.W. Jackson (1995) предлагают вносить разные генотипы одного вида, чтобы представить разнообразие и повысить вероятность сохранения вида хотя бы с каким-то генотипом. С.А. Розно с соавторами (2014) считает, что реинтродукция может и должна выполняться при наличии в коллекционных фондах экземпляров, имеющих происхождение из точек ареала, максимально приближенных к району планируемой реконструкции. Авторы отмечают, что настаивая на аутентичности материала, мы отказываемся от создания новых популяций угрожаемых видов для их сохранения.

Некоторые исследователи (Armbruster, Reed, 2005; Maschinski, Albrecht, 2017) считают, что генетическая информация важна перед реконструкцией, если популяция малочисленна (менее 50 плодоносящих особей), сильно фрагментирована, изолирована, в ней отсутствуют опылители, не образуются жизнеспособные семена, наблюдается высокая морфологическая изменчивость, а также если существует опасение гибридизации на участке реципиента или для вида характерен высокий полиморфизм и затруднена идентификация вида. P. Armbruster и D.H. Reed (2005) особо указывают, что если численность особей в популяции сокращается или мала (меньше 100), то может наблюдаться инбридинговая депрессия, и такой материал не следует использовать как донор для восстановления популяций. Подобные исследования проведены F. Kaulfub, C. Reisch (2017) для эндемика *Cochlearia bavarica*, для которого отмечена инбридинговая и аутбридинговая депрессия и рекомендовано использовать для реконструкции популяции с наибольшей генетической изменчивостью.

Мы считаем, что решение аутентичности материала должно определяться задачей, что мы хотим сохранить: сам вид как таковой или генофонд конкретной популяции. Привнося в существующую угасающую или малочисленную популяцию новые генотипы, исследователь должен осознавать риск элиминации исходных генотипов. Так, Е.И. Киселева с соавторами (2015) при реставрации использовали метод “реинтродукции”, а ис-

ходный материал интродукционных популяций был из других ботанических садов (без указания природного происхождения). Поэтому необходимо ответственно относиться к целям и задачам реконструкции конкретной популяции и соответственно выбору метода и донора. Мы поддерживаем необходимость разнообразия генотипов при ревификации (восстановлении исчезнувшей популяции). J. Akeroyd и P.W. Jackson (1995) считают, что представителей из пяти популяций достаточно для существования генетической изменчивости при реконструкции. Репрезентативность особей для реконструкции также не определена. J. Maschinski и M.A. Albrecht (2017) отмечают, что необходимо использовать не менее 50 растений.

Нередко реконструкцию проводят на участках, где вид ранее не встречался, но экологические условия близки к естественным обитаниям конкретного вида. Так, M. Bontrager с коллегами (Bontrager et al., 2014) проводила реставрацию популяций *Arenaria paludicola* (растение засоленных местобитаний). Опытным путем был выявлен более широкий диапазон засоления почвы для этого вида. В результате растения высадили в сообществе, где вид ранее не произрастал. В.Г. Шатко и Л.П. Миронова (2000) перенесли *Cyclamen kuznetzovii* Kotov et Czernova, эндемичный вид флоры Крыма, из природного местообитания (единственного местонахождения) в Карадагский заповедник, где его ранее не было. В результате на этом участке наблюдался самосев и отмечена устойчивая тенденция к расширению площади. J. Maschinski и M.A. Albrecht (2017) указывают, что в ряде случаев стоит избегать восстановления природных популяций, если: при предварительных исследова-

ниях установлена невозможность размножить растения (вегетативно или семенами); недоступен высококачественный разнообразный исходный материал; факторы, угрожающие существованию популяции, не были ликвидированы или минимизированы; растения-доноры могут оказать негативное влияние на другие виды сообщества с реципиентом; существует вероятность побочного воздействия через конкуренцию, гибридизацию, инвазии; существуют доказательства, что вновь введенный таксон нанесет вред другим редким и исчезающим видам; реконструкция не имеет юридической, административной или социальной поддержки; подходящая среда недоступна или не понята.

Реконструкция природных популяций – затратный процесс. Авторы иностранных работ особое внимание уделяют экономической составляющей восстановления природных популяций. При смене сообщества ревификация травянистых растений неэффективна и нецелесообразна. Поэтому при реставрации необходимо проводить работы по восстановлению целого сообщества, начиная с эдификаторов. В. Drayton и R. Primack (2000) считают, что первоочередная задача – сохранять существующие популяции, а реинтродукция должна быть только вспомогательным методом из-за своих условий и неудач. Г.П. Рысина (1984) на примере *Pulmonaria angustifolia* L. отмечает, что если ведущую роль угнетения популяции играют высокие антропогенные нагрузки, но биотоп остался прежним, то для успеха реконструкции будет достаточным регулирование посещаемости и необходимый контроль за поведением отдыхающих (строгий запрет на сбор и выкапывание растений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Восстановление природных популяций (реконструкции) редких и исчезающих видов наиболее актуально для сохранения генофонда растений. Важными этапами для успешной реконструкции являются обоснованный выбор объекта и участков реконструкции, а также проведение генетического анализа исходных интродукционных и природных популяций для паспортизации и генотипического соответствия донора и реципиента. В первые годы необходимо организовать агротехнические мероприятия для снижения конкуренции. Следует учитывать, что работы по реконструкции природных популяций и сообществ не всегда могут быть успешными, несмотря на то, что это долговременные (до 20 лет) и дорогостоящие мероприятия. Биологические особенности изученных видов (медленный рост, нерегулярное плодоношение, узкая экологическая пластичность) и ан-

тропогенная нагрузка (вырубка леса и выпас скота) могут привести к уничтожению их популяций.

По результатам, полученным в процессе реконструкции редких и исчезающих сибирских видов, сделаны выводы относительно успешности проведения восстановительных работ для популяций каждого вида. Установлено, что реконструкцию популяций *Allium eduardi* и *Viola dactyloides* необходимо проводить взрослыми растениями. Способ реконструкции не имел значения для *Hedysarum theinum* и *Viola taynensis*. Для *Viola ingolensis* формирование делянки со снятием дерна оказалось более результативным, чем ленточный способ. Установлено, что эффективность реконструкции семенами или рассадой зависит от биологических особенностей конкретного вида и определяется прямым экспериментом. Отмечено, что темпы развития и морфологическая характе-

ристика реинтродуцентов соответствуют развитию растений природных популяций для большинства видов. В результате выявлена возможность реконструкции *Hedysarum theinum*, *Viola dactyloides*, *V. ingolensis* и *Viola* × *incissecta* в существующих сообществах, необходимость поиска новых мест реконструкции для *V. taynensis* и приме-

нение транслокации и репатриации (*in vitro*) для *Brachanthemum krylovii*.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А17-117012610051-5 и на материале УНУ № USU 440534 Центрального сибирского ботанического сада СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агафонова О.В., Агафонова М.А.** Полиморфизм полипептидов семян у близкородственных видов *Hedysarum theinum* Krasnob. и *H. neglectum* Ledeb. (Fabaceae) // Turzaninowia. 2002. 5(2):72–78.
- Асташенков А.Ю., Нечепуренко С.Б.** Онтогенез копеечника чайного (*Hedysarum theinum* Krasnob.) // Онтогенетический атлас растений: науч. изд. Т. 6. Йошкар-Ола, 2011. С. 108–112.
- Дорогина О.В., Агафонова М.А.** Идентификация близкородственных видов *Hedysarum theinum*, *H. neglectum*, *H. austrosibiricum* (Fabaceae) с помощью запасных глобулинов семян // Бот. журн. 2004. 89(10):1637–1645.
- Дорогина О.В., Жмудь Е.В., Елисафенко Т.В., Ачимова А.А., Кубан И.Н., Ямтыров М.Б.** Состояние ценопопуляций редкого вида *Brachanthemum krylovii* Serg. (Asteraceae) в Республике Алтай // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2018. 41:53–74. DOI: 10.17223/19988591/41/4
- Дорягина Г.П.** К методике интродукции редких и исчезающих растений // Бот. журн. 1982. 67(5):679–687.
- Елисафенко Т.В.** Новый вид рода *Viola* (Violaceae) из Сибири // Раст. мир Азиатской России. 2015. 1(17):20–25.
- Елисафенко Т.В.** Редкий вид России *Viola incisa* и его близкородственные таксоны // Раст. мир Азиатской России. 2019. 2(34):3–15. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2019-2(3-15)
- Елисафенко Т.В., Дорогина О.В.** К вопросу о терминологии и восстановлении исчезнувших и исчезающих популяций // Проблемы изучения растительного покрова Сибири. Томск, 2015. С. 283–285.
- Елисафенко Т.В., Дорогина О.В.** Терминология, используемая в описании восстановления природных популяций // Раст. ресурсы. 2019. 55(2):284–290. DOI: 10.1134/S0033994619020122.
- Елисафенко Т.В., Жмудь Е.В.** Состояние природных популяций *Viola incisa* (Violaceae) в Южной Сибири // Бот. журн. 2011. 97(5):622–633.
- Жмудь Е.В., Зиннер Н.С.** Содержание белка и активность ингибиторов трипсина в листьях интродуцируемых в Западную Сибирь *Hedysarum alpinum* и *Hedysarum theinum* // Раст. ресурсы. 2011. 47(3):103–111.
- Зайцев Г.Н.** Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 294 с.
- Игнатенко Н.А.** Биологические основы интродукции и реинтродукции неморального реликта *Brunnera sibirica* Stev. (Boragaceae) в Томской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1995. 18 с.
- Интродукция растений природной флоры Сибири.** Новосибирск, 2017. 495 с.
- Карнаухова Н.А.** Особенности развития *Hedysarum theinum* (Fabaceae) в природных условиях и при интродукции в Центральный сибирский ботанический сад (г. Новосибирск) // Раст. ресурсы. 2007. 43(3):14–25.
- Карнаухова Н.А., Сыева С.Я.** Опыт создания искусственных популяций *Hedysarum theinum* (Fabaceae) // Раст. мир Азиатской России. 2012. 2(10):142–149.
- Киселева Е.И., Мухаметова С.В., Богданова Г.А.** Реинтродукция некоторых охраняемых видов растений флоры Республики Марий Эл // Раст. ресурсы. 2015. 51(1):18–38.
- Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения.** Новосибирск, 2005. 362 с.
- Красная книга Алтайского края.** Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений. Барнаул, 2006. 262 с.
- Красная книга Красноярского края.** Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. Красноярск, 2012. 576 с.
- Красная книга Республики Алтай (растения).** Горно-Алтайск, 2017. 267 с.
- Красная книга Республики Саха (Якутия).** Т. 1. М., 2017. 412 с.
- Красная книга Республики Тыва.** Кызыл, 2018. 564 с.
- Красная книга Республики Хакасия: Редкие и исчезающие виды растений и грибов.** Новосибирск, 2012. 288 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы).** М., 2008. 855 с.
- Нечепуренко С.Б., Дорогина О.В.** Воздействие различных факторов на прорастание семян *Hedysarum theinum* Krasnob. (Fabaceae) // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. 2010. 10(72):46–49.
- Одум Ю.** Экология. Т. 2. М., 1986. 376 с.
- Розно С.А., Рузаева И.В., Помогайбин А.В., Кавеленова Л.М.** Успехи и уроки реинтродукции редких растений в природные экосистемы: из опыта работы ботанического сада Самарского госунивер-

- ситета // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2014. 16(1(3)):804–806.
- Рысина Г.П.** Опыт восстановления охраняемых растений в Подмоскowie // Бюл. Главного ботанического сада. 1984. 133:81–85.
- Семенова Г.П.** Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск, 2007. 408 с.
- Современное** состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России. Вып. 2. Сосудистые растения. М., 2003. 782 с.
- Черных О.А.** Флора города Бийска и его окрестностей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2012. 16 с.
- Шатко В.Г., Миронова Л.П.** Опыт переселения *Suslaman kuznetzovii* Kotov et Czernova в Карадагский природный заповедник (Крым) // Бюл. Главного ботанического сада. 2000. 180:56–61.
- Akeroyd J., Jackson P.W.** A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild. Botanical Gardens Conservation International and IUCN. Richmond Surrey. UK, 1995. 32 p.
- Armbruster P., Reed D.H.** Inbreeding depression in benign and stressful environments // *Heredity*. 2005. 95:235–242. DOI: 10.1038/sj.hdy.6800721
- Bontrager M., Webster K., Elvin M., Parker I.M.** The effects of habitat and competitive/facilitative interactions on reintroduction success of the endangered wetland herb, *Arenaria paludicola* // *Plant Ecology*. 2014. 215:467–478. DOI: 10.1007/s11258-014-0317-z
- Drayton B., Primack R.** Rates of success in the reintroduction by four methods of several perennial plant species in eastern Massachusetts // *Rhodora*. 2000. 102(911):299–331.
- Drayton B., Primack R.** Success Rates for Reintroductions of Eight Perennial Plant Species after 15 Years // *Restoration Ecology*. 2012. 20(3):299–303. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2011.00860.x
- Guerrant E.O.Jr., Havens K., Maunder M.** Ex situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild. Washington, 2004. 536 p.
- Jusaitis M., Polomka L., Sorensen B.** Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae) // *Biological Conservation*. 2004. 116(2):251–266.
- Kaulfuß F., Reisch C.** Reintroduction of the endangered and endemic plant species *Cochlearia bavarica* – Implications from conservation genetics // *Ecol. Evol.* 2017. 7(24):11100–11112. DOI: 10.1002/ece3.3596
- Kennedy K., Albrecht M.A., Guerrant E.O., Dalrymple S.E., Maschinski J., Haskins K.E.** Synthesis and future directions // *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils*. Washington, 2012. P. 265–275.
- Maschinski J., Albrecht M.A.** Center for Plant Conservation's Best Practice Guidelines for the reintroduction of rare plants // *Plant Diversity*. 2017. 39(6):390–395. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.09.006>
- Maschinski J., Duquesnelb J.** Successful reintroductions of the endangered long-lived Sargent's cherry palm, *Pseudophoenix sargentii*, in the Florida Keys // *Biological Conservation*. 2007. 134(1):122–129. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.07.012>
- Reckinger C., Colling G., Matthies D.** Restoring Populations of the Endangered Plant *Scorzonera humilis*: Influence of Site Conditions, Seed Source, and Plant Stage // *Restoration Ecology*. 2010. 18(6):904–913. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00522.x
- The Plant List.** <http://www.theplantlist.org>

RECOVERY OF NATURAL POPULATIONS ON THE EXAMPLE OF RARE SIBERIAN SPECIES

T.V. Elisafenko

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,
101, Zolotodolynskaya str., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: tveli@ngs.ru

The problems concerning the restoration of natural populations are discussed in the article. A phased study of the processes of reconstruction of populations was carried out using six rare Siberian species: *Allium eduardi* Stearn ex Airy Shaw (Amaryllidaceae), *Brachanthemum krylovii* Sergievsk. (Asteraceae), *Hedysarum theinum* Krasnob. (Fabaceae), *Viola taynensis* T. Elisafenko et Ovczinnikova, *V. dactyloides* Schult., *V. ingolensis* T. Elisafenko and hybrid *Viola × incissecta* Vl.V. Nikit. (Violaceae). The conclusions are made regarding the success of restoration work for populations of each species based on the results obtained in the reconstruction process. The problems of choosing a place for reconstruction and genotypic matching of the donor and recipient are considered. The agricultural activities to reduce competition must be organized in the early years. It was noted that the temp of development and morphological characteristics of reintroducents correspond to the development of plants of natural populations for most species and this depends on the biological characteristics of a particular species. The possibility of reconstructing *Hedysarum theinum*, *Viola dactyloides*, *V. ingolensis* and *Viola × incissecta* in existing cenoses has been identified. The search for new reconstruction sites for *V. taynensis* and the use of translocation and repatriation (*in vitro*) for *Brachanthemum krylovii* are necessary.

Key words: reconstruction, reintroduction, rare species, stable populations, monitoring

Acknowledgements. Work is performed within the framework of the state assignment № AAAA-A17-117012610051-5 and on the material of UNU No. USU 440534 Central Siberian Botanical Garden SB RAS.

REFERENCES

- Agafonova O.V., Agafonova M.A.** Polymorphism of seeds polypeptides in closely related species of *Hedysarum theinum* Krasnob. and *H. neglectum* Ledeb. (Fabaceae) // Turzaninowia. 2002. 5(2):72–78. (In Russ.).
- Akeroyd J., Jackson P.W.** A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild. Botanical Gardens Conservation International and IUCN. Richmond Surrey. UK, 1995. 32 p.
- Armbruster P., Reed D.H.** Inbreeding depression in benign and stressful environments // Heredity. 2005. 95:235–242. DOI: 10.1038/sj.hdy.6800721
- Astashenkov A.Y., Nechepurenko S.B.** Ontogenesis of *Hedysarum theinum* Krasnob. [Ontogenez kopeyechnika chaynogo (*Hedysarum theinum* Krasnob.)] // Ontogenetic Atlas of Herbs: scientific edition [Ontogeneticheskii atlas rasteniy: nauchnoye izdaniye]. Vol. 6. Yoshkar-Ola, 2011. P. 108–112. (In Russ.).
- Bontrager M., Webster K., Elvin M., Parker I.M.** The effects of habitat and competitive/facilitative interactions on reintroduction success of the endangered wetland herb, *Arenaria paludicola* // Plant Ecology. 2014. 215:467–478. DOI: 10.1007/s11258-014-0317-z
- Chernykh O.A.** Flora of Biysk town and its surroundings [Flora goroda Biyska i yego okrestnostey]: Abstr. ... Diss. Cand. Sci. [Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk]. Barnaul, 2012. 16 p. (In Russ.).
- Conspectus florum Sibiriae. Plantae vasculares** [Konspekt flory Sibiri: Sosudistyye rasteniya]. Novosibirsk, 2005. 362 p. (In Russ.).
- Current status of biodiversity in protected areas of Russia** [Sovremennoye sostoyaniye biologicheskogo raznoobraziya na zapovednykh territoriyakh Rossii]. Vol. 2. Vascular Plants. Moscow, 2003. 782 p. (In Russ.).
- Dorogina O.V., Agafonova M.A.** Identification of closely related species of *Hedysarum theinum*, *H. neglectum*, *H. austrosibiricum* (Fabaceae) using storage seed globulins // Botanicheskii Zhurnal. 2004. 89(10):1637–1645. (In Russ.).
- Dorogina O.V., Zhmud E.V., Elisafenko T.V., Kuban I.N., Achimova A.A., Yamtyrov M.B.** The state of cenopopulations of a rare species *Brachanthemum krylovii* Serg. (Asteraceae) in the Altai Republic // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya. 2018. 41:53–74. (In Russ.). DOI: 10.17223/19988591/41/4
- Drayton B., Primack R.** Rates of success in the reintroduction by four methods of several perennial plant species in eastern Massachusetts // Rhodora. 2000. 102(911):299–331.
- Drayton B., Primack R.** Success Rates for Reintroductions of Eight Perennial Plant Species after 15 Years // Restoration Ecology. 2012. 20(3):299–303. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2011.00860.x
- Dyuryagina G.P.** On the method of introducing rare and endangered plants // Botanicheskii Zhurnal. 1982. 67(5):679–687. (In Russ.).
- Elisafenko T.V.** New species of the genus *Viola* (Violaceae) in Siberia // Rastitelnyi mir Aziatskoi Rossii. 2015. 1(17):20–25. (In Russ.).
- Elisafenko T.V.** Rare species Russia *Viola incisa* (Violaceae) and its closely taxa // Rastitelnyi mir Aziatskoi Rossii. 2019. 2(34):3–15. (In Russ.). DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2019-2(3-15).
- Elisafenko T.V., Dorogina O.V.** To the question about the terminology and restoration of the extinct and endangered populations [K voprosu o terminologii i vosstanovlenii ischeznuvshikh i ischezayushchikh populyatsiy] // Problems of Studying Siberian Vegetation [Problemy izucheniya rastitel'nogo pokrova Sibiri]. 2015. P. 283–285. (In Russ.).
- Elisafenko T.V., Dorogina O.V.** Revisiting terms used in recovery of natural populations // Rastitelnye resursy. 2019. 55(2):284–290. (In Russ.). DOI: 10.1134/S0033994619020122
- Elisafenko T.V., Zhmud E.V.** State of natural populations of *Viola incisa* (Violaceae) in South Siberia // Botanicheskii Zhurnal. 2011. 97(5):622–633. (In Russ.).
- Guerrant E.O.Jr., Havens K., Maunder M.** Ex situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild. Washington, 2004. 536 p.
- Ignatenko N.A.** Biological basis of introduction and reintroduction of the nemoral relic *Brunnera sibirica* Stev. (Boraginaceae) in Tomsk region [Biologicheskkiye osnovy introduktsii i reintroduktsii nemoral'nogo relikta *Brunnera sibirica* Stev. (Boraginaceae) v Tomskoy oblasti]: Abstr. ... Diss. Cand. Sci. [Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk]. Tomsk, 1995. 18 p. (In Russian).
- Introduction of plants of the natural flora of Siberia** [Introduktsiya rasteniy prirodnoy flory Sibiri]. Novosibirsk, 2017. 495 p. (In Russ.).
- Jusaitis M., Polomka L., Sorensen B.** Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae) // Biological Conservation. 2004. 116(2):251–266.
- Karnaukhova N.A.** Peculiarities of *Hedysarum theinum* (Fabaceae) development in natural conditions and under introduction to Central Siberian Botanical Garden (Novosibirsk) // Rastitelnye resursy. 2007. 43(3):14–25. (In Russ.).
- Karnaukhova N.A., Syeva S.Ya.** Experience of creation of artificial populations of *Hedysarum theinum* (Fabaceae) // Rastitelnyi mir Aziatskoi Rossii. 2012. 2(10):142–149. (In Russ.).
- Kaulfuß F., Reisch C.** Reintroduction of the endangered and endemic plant species *Cochlearia bavarica* – Implications from conservation genetics // Ecol. Evol. 2017. 7(24):11100–11112. DOI: 10.1002/ece3.3596
- Kennedy K., Albrecht M.A., Guerrant E.O., Dalrymple S.E., Maschinski J., Haskins K.E.** Synthesis and future directions // Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils. Washington, 2012. P. 265–275.

- Kiselyova E.I., Muchametova S.V., Bogdanov G.A.** Reintroduction of some protected plant species of Mari El Republic // *Rastitelnye resursy*. 2015. 51(1):18–38. (In Russ.).
- Maschinski J., Albrecht M.A.** Center for Plant Conservation's Best Practice Guidelines for the reintroduction of rare plants // *Plant Diversity*. 2017. 39(6):390–395. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.09.006>
- Maschinskia J., Duquesnelb J.** Successful reintroductions of the endangered long-lived Sargent's cherry palm, *Pseudophoenix sargentii*, in the Florida Keys // *Biological Conservation*. 2007. 134(1):122–129. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.07.012>
- Nechepurenko S.B., Dorogina O.V.** The influence of various factors on germination of seeds of *Hedysarum theinum* Krasnob. (Fabaceae) // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010. 10(72):46–49. (In Russ.).
- Odum E.P.** *Fundamentals of Ecology*. Vol. 2. Moscow, 1986. 376 p. (In Russ.).
- Reckinger C., Colling G., Matthies D.** Restoring Populations of the Endangered Plant *Scorzonera humilis*: Influence of Site Conditions, Seed Source, and Plant Stage // *Restoration ecology*. 2010. 18(6):904–913. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00522.x
- Red Data Book** of Altai krai [Krasnaya kniga Altayskogo kraya]. Vol. 1. Rare and endangered plant species. Barnaul, 2016. 292 p. (In Russ.).
- Red Data Book** of Altai Republic (plants) [Krasnaya kniga Respubliki Altay (rasteniya)]. Gorno-Altaysk, 2017. 267 p. (In Russ.).
- Red Data Book** of Khakasiya Republic: Rare and endangered plant species [Krasnaya kniga Respubliki Khakasiya]. Novosibirsk, 2012. 288 p. (In Russ.).
- Red Data Book** of Krasnoyarskii krai [Krasnaya kniga Krasnoyarskogo kraya]. Vol. 2. Rare and endangered species of wild plants and fungi. Krasnoyarsk, 2012. 576 p. (In Russ.).
- Red Data Book** of Republic of Sakha (Yakutia) [Krasnaya kniga Respubliki Sakha (Yakutiya)]. Vol. 1. Moscow, 2017. 412 p. (In Russ.).
- Red Data Book** of Russian Federation (plants and fungi) [Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)]. Moscow, 2008. 885 p. (In Russ.).
- Red Data Book** of Tuva (animals, plants, fungi) [Krasnaya kniga Respubliki Tyva]. Kyzyl, 2018. 564 p. (In Russ.).
- Rozno S.A., Ruzayeva I.V., Pomogaybin A.V., Kavelonova L.M.** Successes and lessons of rare plants reintroduction in natural ecosystems: from experience of Samara State University botanical garden // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2014. 16(1(3)):804–806. (In Russ.).
- Rysina G.P.** Experience in the restoration of protected plants in Moscow suburbs // *Byulleten' Glavnogo Botanicheskogo sada*. 133:81–85. (In Russ.).
- Semenova G.P.** Rare and endangered flora species of Siberia: biology and protection [Redkiye i ischezayushchiye vidy flory Sibiri: biologiya, okhrana]. Novosibirsk, 2007. 408 p. (In Russ.).
- Shatko V.G., Mironova L.P.** Experimental of *Cyclamen kuznetzovii* into Karadag nature reserve (the Crimea) // *Byulleten Glavnogo Botanicheskogo sada*. 2000. 180:56–61. (In Russ.).
- The Plant List**. <http://www.theplantlist.org>
- Zaitsev C.N.** Mathematics in experimental botany [Matematika v eksperimental'noy botanike]. Moscow, 1990. 296 p. (In Russ.).
- Zhmud' E.V., Zinner N.S.** Protein content and trypsin inhibitor activity in leaves of *Hedysarum alpinum* and *Hedysarum theinum* introduced in Western Siberia // *Rastitelnye resursy*. 2011. 47(3):103–111. (In Russ.).

Поступила в редакцию 10.05.2020 г.,
после доработки – 04.06.2020 г.,
принята к публикации 30.06.2020 г.