

ОПЫТ РЕСТАВРАЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ *HEDYSARUM THEINUM* (FABACEAE) В ГОРНОМ АЛТАЕ

О.В. Дорогина¹, Т.В. Елисафенко¹, С.Б. Нечепуренко¹, А.А. Ачимова², М.Б. Ямтыров²

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,

630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, e-mail: olga-dorogina@yandex.ru; tveli@ngs.ru; rodmira@yandex.ru

²Горно-Алтайский ботанический сад, Алтайский филиал-стационар ЦСБС СО РАН,

649218, Республика Алтай, Шебалинский р-н, с. Камлак: gabs@ngs.ru, gabs@ngs.ru

Приведены результаты реставрации (в течение 4 лет) популяций *Hedysarum theinum* Krasnob. (Копеечника чайного) – эндемика Алтая, произрастающего на горе Красная в Республике Алтай. Рекомендовано в качестве наиболее оптимального метода для реставрации и реинтродукции этого вида использовать посев необработанных семян в грунт в любое время вегетационного сезона.

Ключевые слова: *Fabaceae*, *Hedysarum theinum*, реставрация, реинтродукция, Республика Алтай.

RESTORATION'S EXPERIENCE OF POPULATIONS OF *HEDYSARUM THEINUM* (FABACEAE) IN ALTAI MOUNTAINS

O.V. Dorogina¹, T.V. Elisafenko¹, S.B. Nечepurenko¹, A.A. Achimova², M.B. Yamtirov²

¹Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,

630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: olga-dorogina@yandex.ru; tveli@ngs.ru

²Mountain-Altay Botanical Garden, CSBS,

649218, Republic Altai, Shebalinsky area, Village Kamlak: gabs@ngs.ru, gabs@ngs.ru

The results of the restoration (within 4 years) of the populations of *Hedysarum theinum* Krasnob. – endemic to the Altai, growing on the Mountain Red in the Altai Republic. Recommended as the best method for restoration and reintroduction of this species of use sowing of the untreated seeds in the soil at any time of the vegetative season. The effectiveness of restoration was less than 10 %.

Key words: *Fabaceae*, *Hedysarum theinum*, restoration, reintroduction, Republic Altai.

ВВЕДЕНИЕ

Копеечник чайный – *Hedysarum theinum* Krasnob. (рис. 1) – редкий высокогорный субальпийский вид, имеющий дизъюнктивный центрально-южносибирский ареал (Алтай, Монголия, Джунгарский Алатау). Вид включен в “Красную книгу Республики Алтай” (2007), категория 3(R), редкий вид и “Красную книгу Алтайского края” (2006) в статусе ресурсного растения. Под названием “красный корень” вид широко популярен в современной народной медицине. Биологические особенности вида (медленный рост, нерегулярное плодоношение, узкая экологическая пластичность) и антропогенная нагрузка (интенсивные заготовки, вырубki леса и выпас скота) привели его к угрозе уничтожения.

До конца XX в. существовало два основных направления по сохранению редких видов – в естественных условиях, на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), и в искусственных резерватах, на территории ботанических садов, в питомниках. Вид *H. theinum* в Российской Федерации охраняется

только на территории Катунского заповедника (Современное состояние..., 2003). Попытки интродукции популяций *H. theinum* проводились в ЦСБС СО РАН и Сибирском ботаническом саду (Карнаухова, 2007; Жмудь, Зиннер, 2011). С конца XX в. развивается новое направление в сохранении редких и исчезающих видов – восстановление (реставрация) и воссоздание (реинтродукция) популяций таких видов. Так, Н.А. Карнаухова и С.Я. Сыевой (2012) получены положительные результаты при реинтродукции *H. theinum* в естественные места произрастания в отрогах Семинского хребта (окрестности пос. Теньга), где он встречался ранее, но был уничтожен. Известно, что сохранение подобных видов и в целом сообществ *in situ* является предпочтительнее по отношению к сохранению *ex situ* (Горбунов и др., 2008).

Реинтродукция как способ восстановления редких видов особенно с большим прегенеративным периодом – долгосрочное, трудоемкое и дорогостоящее



Рис. 1. Общий вид *Hedysarum theinum* Krasnob., Республика Алтай, гора Красная, 23.08.2010 г.

мероприятие, требующее длительного подготовительного этапа. Поэтому реинтродукцию *H. theinum* следует рассматривать в качестве крайней меры.

Цель исследования – разработать способы реставрации *H. theinum* в Горном Алтае и оценить их эффективность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поскольку понятия “реинтродукция, реставрация и транслокация” в настоящее время дискуссионны, мы основываемся на терминологии, предложенной в “Методических рекомендациях по реинтродукции редких и исчезающих видов растений” (Горбунов и др., 2008). В частности, *реинтродукция* – это восстановление вида в местообитаниях или областях, которые когда-то были частью его исторического ареала и где он был уничтожен или исчез. *Реставрация* – восстановление, усиление угасающих популяций вида. *Транслокация* – преднамеренное или вынужденное перемещение дикорастущих индивидуумов или популяций из одной части ареала вида в другую.

В настоящей работе представлены результаты реставрации популяций *H. theinum* в Республике Алтай в пределах естественного ареала вида в Усть-Коксинском р-не на хр. Холзун, гора Красная, где существующая популяция подвергается мощному антропогенному воздействию, выкапыванию растений. В качестве исходного материала использовали семена, собранные на горе Красная (сборы 2008 и 2010 гг.), и семена, полученные с растений интродукционных популяций, произрастающих в Сибирском ботаничес-

ком саду Томского государственного университета (СибБС ТГУ) урожая 2009 г. Исходными популяциями для интродукции в СибБС послужили семена из окрестностей г. Лениногорска (1998 г.). Поскольку для работ по восстановлению природных популяций растений необходимо иметь в распоряжении массовый и полноценный в генетическом отношении материал вида, нами были предварительно проведены исследования по гетерогенности популяций. Для оценки генетической изменчивости в данных популяциях использовали SDS-электрофорез в полиакриламидном геле, модифицированный нами (А.с., 1987), где в качестве маркеров использовали глобулины семян. Результаты показали, что уровень межпопуляционной изменчивости у *H. theinum* ниже, чем внутривидовой (Дорогина, Агафонова, 2002, 2004; Дорогина и др., 2003), т. е. для реставрации данной популяции использовали гетерогенный материал.

Работа включала следующие этапы:

1. Исследование природных мест произрастания вида, изучение экологии, онтогенеза, состояния популяций (Карнаухова, 2007; Асташенков, Нечепуренко, 2011).

2. Изучение биологии в условиях культуры, включая биологию прорастания семян (Карнаухова, 2007; Нечепуренко, Дорогина, 2010).

3. Сбор семян, размножение в питомнике для реставрации.

4. Выбор участка для реставрации.

5. Посев семян и пересадка растений из питомника.

6. Мониторинг состояния популяции.

Реставрацию проводили двумя способами – посевом семян в грунт и высадкой рассады. Установлено, что в отличие от других видов бобовых, у которых всхожесть семян сохраняется в течение многих лет, у *H. theinum* значительно снижена всхожесть после 9 лет хранения в комнатных условиях (Нечепуренко, Дорогина, 2010). Поэтому в опыте использовали семена 1–3 лет хранения. Семена *H. theinum* характеризуются твердосемянностью. Ранее сообщалось, что для повышения всхожести желательно семена скарифицировать (Там же). Для грунтового посева семена скарифицировали, но одновременно высевали и не скарифицированные семена.

Работы проводились с 2009 г., на трех участках (табл. 1), на каждом из которых сформировали по пять площадок в 1 м². Первый участок расположен выше озера на расстоянии 3 км на северо-восточном склоне, второй – выше на 2 км на южном склоне, это – ярко освещенный (солнечный) участок, где рано тает снег. Третий участок расположен ниже озера на расстоянии 1 км среди кедрово-пихтово-лиственничного редколесья с наименьшим уклоном, 10 % с левзеево-разнотравным покровом. При выборе участков руководствовались тем, что они удалены от мест туристических стоянок, мало посещаемы летом, и выбранный опытный участок с двух сторон окружен древостоем, поэтому зимой снег задерживался на нем. Кроме того, наличие естественного уклона и дренажа почвы препятствовали застою влаги. Эти факторы способствовали эффективному развитию растений на всех этапах онтогенеза.

При посеве и посадке снимали дерновинный слой на 10 см, затем перекапывали землю и удаляли из нее камни. Семена высевали в борозды с заделкой на 2 см и мульчировали растительным опадом. В 2010–2011 гг. для реставрации использовали рассаду, которая была выращена в контейнерах в условиях Горно-Алтайского ботанического сада в Шебалинском районе Республики Алтай. Рассаду высаживали также в борозды. Саженьцы и семена не поливали, специальные агротехнические мероприятия в период реинтродукции не проводили. С 2010 г. осуществлялся ежегодный мониторинг в начале (конец мая–начало июня) и конце (середина августа) вегетационного сезона: анализировали всхожесть семян, отрастание особей после зимнего периода, отращивание и отмирание надземной части в период вегетации.

Климатические условия района реставрации многообразны (Модина, 1997). Они обусловлены значительными абсолютными и относительными высотами поверхности, сильной расчлененностью рельефа. Из-за господства воздушных масс юго-западного направления климат здесь резко континентальный. Наиболее холодная погода связана с вторжениями арктического континентального воздуха из Восточной Сибири. В такие периоды дуют очень холодные и сухие северо-восточные ветры. Средняя температура зимних месяцев (с декабря по февраль) держится в пределах –20...–23 °С. Днем температура поднимается до –17(–18) °С, ночью понижается до –28(–29) °С. Суммы морозных температур за период с температурой ниже –10 °С составляют в основном 2100–2300 °С. В высокогорье происходит запаздывание весенних процессов, что связано с отражением значительной части солнечной радиации от снежного покрова. В мае наблюдается чередование солнечной теплой погоды с холодной и пасмурной, с морозящими дождями или снегом. С увеличением облачности уменьшается число часов солнечного сияния, что замедляет прогревание подстилающей поверхности и увеличе-

Таблица 1

Характеристика участков реставрации, гора Красная

Номер участка	Координаты	Высота над уровнем моря, м	Характеристика сообщества
1	50 05.214' с.ш., 85 12.890' в.д.	1858	Северо-восточный склон с крутизной 35°. Лиственнично-пихтово-кедровое редколесье с крупнотравным субальпийским разнотравьем с <i>Veratrum lobelianum</i> , <i>Hedysarum theinum</i> , <i>Rhaponticum carthamoides</i> , <i>Saussurea latifolia</i> , <i>Bupleurum aureum</i> , <i>Lathytus gmelinii</i> и др.
2	50 05.214' с.ш., 85 12.890' в.д.	1840	Южный склон с крутизной 45°. Лиственнично-пихтово-кедровое редколесье с субальпийским разнотравьем из <i>Hedysarum theinum</i> , <i>Rhaponticum carthamoides</i> , <i>Saussurea latifolia</i> , <i>Bupleurum aureum</i> , <i>Cirsium heterophyllum</i> и др.
3	50 05.626' с.ш., 85 13.704' в.д.	1731	Северо-восточный склон с крутизной 10°. Кедрово-пихтово-лиственничное редколесье с левзеево-разнотравным покровом. Доминирование <i>Rhaponticum carthamoides</i> , с участием <i>Hedysarum theinum</i> , <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Trollius altaicus</i> , <i>Geranium albiflorum</i> , <i>Pedicularis elata</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> и др.

ние средней суточной температуры. Часто бывают заморозки на почве и в воздухе, обильные снегопады. Возврат холодов наблюдается в мае–июне, когда температура падает ниже нуля.

Средняя температура летних месяцев (с июня по август) составляет +15 °С. Среднее количество осадков за год – 517 мм. Снег ложится рано (в конце августа), тает поздно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании выполненных исследований обнаружено, что большинство всходов появилось в течение первого года после посева. Предварительный анализ (в течение двух лет) показал, что число всходов не зависело от обработки семян. Растения развивались медленно и до настоящего времени не достигли генеративной фазы, которая начинается, как указывают авторы (Карнаухова, 2007; Асташенков, Нечепуренко, 2011), после 10–20 лет. Н.А. Карнаухова отмечает массовую гибель проростков и ювенильных растений при семенном размножении в условиях культуры. На первом участке реставрации значительная часть проростков была уничтожена скотом.

Грунтовая всхожесть в год посева составила 3.8–15.1 % (табл. 2). Причем максимальная всхожесть наблюдалась у семян из интродуцированных популяций (СибБС). Не выявлено существенных различий между всхожестью скарифицированных и нескарифицированных семян. Всхожесть семян у растений интродуцированных популяций разного срока посева различалась почти в 2 раза: весенний посев – 15.1 %, осенний – 8.6 %.

На второй год исследований на 1-м участке несколько площадок вытоптаны скотом. На остальных площадках этого участка наблюдалось понижение численности особей в первый год, т. е. часть растений погибла в состоянии проростков, у некоторых не про-

изошло отрастание надземной части. На 3-м участке, наоборот, в результате дополнительного прорастания семян грунтовая всхожесть на второй год оказалась выше. В результате данные двух лет по этому показателю различались незначительно, на второй год грунтовая всхожесть колебалась от 3.8 до 14.4 % на разных площадках.

Изучение растений второго года вегетации в конце сезона показали, что почти у половины особей погибла надземная часть (рис. 2), исключение составили растения, выросшие из семян, взятых из интродукционных популяций (СибБС). Для них характерно увеличение численности особей на 50 %. В этом случае наблюдалось отрастание побегов из почек возобновления, описанное ранее в онтогенезе для этого вида (Карнаухова, 2007; Асташенков, Нечепуренко, 2011). Так, на второй год реставрации во всех вариантах опыта выживших растений от числа посеянных семян было менее 10 % (3.7–7.2 %). В начале третьего года реставрации подобное увеличение числа растений в осенний период наблюдалось для всех вариантов опыта на 1-м участке. На 2-м участке число растений не изменилось, а на 3-м – уменьшилось почти на четверть. В течение третьего года вегетации число растений значительно сократилось – от 21 до 97.5 %. В результате на третий год реставрации процент растений на 1- и 3-м участках составил 0.3–3.7 % соответ-

Таблица 2

Динамика успешности реставрации методом грунтового посева

Участок	Год сбора семян	Обработка	Дата посева	Число семян	Грунтовая всхожесть в 1-й год посева, %	Итоговая всхожесть на 2-й год вегетации, июнь, %	Число вегетирующих особей в конце 2-го года, шт.	Доля особей от посева на 2-й год реставрации, %	Число вегетирующих особей в конце 3-го года, шт.	Доля особей от посева на 2-й год реставрации, %	Число растений в начале 4-го года вегетации	Эффективность реставрации на 03.06.2012, %
1	2008	б/о	07.06.2009	1800	–	–	83	4.6	66	3.7	111	6.2
	2008	ск	07.06.2009	600	–	–	35	5.8	2	0.3	13	2.2
	2008	ск	08.06.2010	4000	12.4	9.9	149	3.7				7.4
	2009*	ск	08.06.2010	730	15.1	5.9	43	5.9				12.6
	2009*	ск	08.08.2010	3000	8.6	3.8	192	6.4				6.4
	2010*	ск	08.06.2011	3000	4.0			Вытоптано				0
	2008*	б/о	08.06.2011	1000	3.8							0
2	2008	б/о	07.06.2009	1800	–	6.2	88	4.9	39	2.2	52	2.2
	2008	ск	07.06.2009	600	–	8.3	43	7.2	6	1.0	16	2.2
3	2008	ск	09.06.2010	2987	6.9	10.5	145	4.9				3.5
	2008	ск	08.06.2011	11 000	13.9	14.4						–
Итого				36 017	Число растений на 03–08.06.2012			2455				6.8

Примечание: ск – скарифицированные семена; б/о – не скарифицированные семена; прочерк – нет данных.

* Семена из СибБС (г. Томск).



Рис. 2. Растения 2-го года вегетации (метод реставрации – посев семян в грунт), август 2010 г.

ственно от посева. Однако в начале четвертого года снова произошло отрастание побегов возобновления у тех растений, у которых вегетирующие побеги отмирали в середине лета под влиянием экологических факторов (поедание, засыхание и т. д.). К началу 2012 г. на 1- и 2-м участках произрастали растения четвертого года вегетации, и их доля от числа посеянных семян составила 2.2–6.2 %.

Второй способ реставрации – живыми растениями (рассадой), выращенными в тепличных условиях, оказался более трудоемким. Всхожесть семян в грунте в тепличных условиях составила 30 % (табл. 3). При посадке на природные участки растения находились в ювенильном онтогенетическом состоянии. Приживаемость в первый год вегетации на двух участках варьировала от 5 до 29 %. Показатели отрастания копеечника чайного весной были неоднозначными, на одном и том же участке (3) наблюдалось как отрастание значительного числа растений, включая те, которые не вегетировали в первый год посадки (2010 г.), так и от-

сутствие отрастания у 20 % растений (посадка 2011 г.). В течение сезона происходило отмирание вегетативной части у 30 % растений. На третий год реставрации после зимы отрастание не наблюдалось еще у 40 % растений. В начале третьего года вегетации от числа растений, высаженных рассадой, сохранилось 18 %. Если учесть всхожесть семян при получении рассады, то эта цифра уменьшится и составит только 5.5 %, что сопоставимо с результатами при посеве семян непосредственно в грунт на участках реставрационных работ. Всего за период реставрации (2009–2011 гг.) на горе Красная посеяно 36 017 семян и высажено 979 растений рассадой. В начале июня 2012 г. отмечено отрастание в первом случае – 2455 растений (6.8 %), во втором – 134 растения (13.7 %). Таким образом, популяция увеличилась на 2589 растений. В “Методических рекомендациях по реинтродукции редких и исчезающих видов растений” (Горбунов и др., 2008) отмечается, что до сих пор не ясно число растений, которое оптимально для реставрации и ре-

Таблица 3

Динамика эффективности реставрации рассадным методом

Участок	Год сбора семян	Дата посадки	Число рассады, шт.	Приживаемость в 1-й год вегетации, %	Число вегетирующих особей в конце 2-го года, шт.	Доля вегетирующих особей от посадки на 2-й год реставрации, %	Эффективность реставрации на 08.06.2012, %
1	2010	08.06.2011	230	5.2	Вытоптано		0
3	2008	09.06.2010	163	36.0	77	20.5	18.0
	2010	08.06.2011	586	22.7			17.7
<i>Итого</i>			979	Число растений на 08.06.2012		134.0	13.7

интродукции (указывается от 50 до 500 особей). Наш результат значительно превышает это рекомендованное число растений.

На месте опытных площадок создаются участки естественного биогеоценоза. Это находит отражение в биоморфологических и демографических показателях формирующейся ценопопуляции. Любая почва всегда содержит определенный запас семян различных видов растений, которые усиливают межвидовую конкуренцию и затрудняют развитие растений – реинтродукторов и трансплантантов (Дзыбов, 2010). Поэтому из-за наличия сорняков и рудеральных видов, которые осложняют этапы реинтродукции и реставрации, требуются дополнительные агротехнические мероприятия. На участках, выбранных нами для

реставрационных работ в высокогорных сообществах, наличие таких видов исключается, в связи с этим межвидовая конкуренция здесь незначительна. Высаженные растения подвергаются в основном действию абиотических факторов (изменение климатических условий, высота над уровнем моря, широта и долгота, сдвиг рыхлого слоя почвы), а также биотических (межвидовая конкуренция) и антропогенных (выпас). Причем на участках реставрации биотическое действие межвидовой конкуренции было снижено, так как был снят и измельчен дерн. В дальнейшем планируется продолжение исследований на опытных участках и формирование единой ценопопуляции, состоящей из аборигенных растений, вновь привнесенных и их поколений.

ВЫВОДЫ

Закончены первые пять этапов реставрационных работ *Hedysarum theinum* в местах его естественного произрастания. Разработаны основные рекомендации. Установлено, что обработка семян (скарификация) не влияет на грунтовую всхожесть (4–15 %). В течение вегетационного сезона у большинства растений (до 50 %) разного возраста отмечалось отмирание вегетативной части растений. На следующий год формировались побеги возобновления из почек базальной части главного побега, сохранившихся в подстилке и верхнем слое почвы.

На третий год вегетации результаты реставрации рассадой сопоставимы с данными, полученными при посеве семян в грунт. Несмотря на то что на пер-

вый и второй годы до 70 % рассады отрастает, учитывая трудоемкость этого метода, нами рекомендуется посев.

Анализ результатов, полученных в дальнейшем при изучении состояния этих растений в динамике, шестой этап (мониторинг) и формирование единой ценопопуляции позволят сделать выводы об эффективности реставрации копеечника чайного в местах его естественного произрастания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта между СО № 20 и УрО РАН и № 12-С-4-1028 и Программы Президиума РАН “Биологическое разнообразие” № 30.

ЛИТЕРАТУРА

- А.с. № 1546022 СССР, МКИ⁴ А 01 Н 1/04 / А.В. Агафонов, О.В. Агафонова (Дорогина). Способ идентификации генотипов многолетних злаков трибы Пшеницевые (*Triticeae*). Заявл. 02.11.87; Опубл. 25.02.90. Бюл. № 8.
- Асташенков А.Ю., Нечепуренко С.Б. Онтогенез копеечника чайного (*Hedysarum theinum* Krasnob.) // Онтогенетический атлас растений. Йошкар-Ола, 2011. Т. 6. С. 108–112.
- Горбунов Ю.Н., Дзыбов Д.С., Кузьмин З.Е., Смирнов И.А. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов). Тула, 2008. 56 с.
- Дзыбов Д.С. Агростепи. Ставрополь, 2010. 256 с.
- Дорогина О.В., Агафонова М.А. Полиморфизм полипептидов семян у близкородственных видов *Hedysarum theinum* Krasnob. и *H. neglectum* Ledeb. (*Fabaceae*) // Turzaninowia. 2002. № 2. С. 72–78.
- Дорогина О.В., Агафонова М.А. Идентификация близкородственных видов *Hedysarum theinum*, *H. neglectum*, *H. austrosibiricum* (*Fabaceae*) с помощью запасных глобулинов семян // Бот. журн. 2004. Т. 89, № 10. С. 1637–1645.
- Дорогина О.В., Цевелева И.Н., Агафонова М.А. Полиморфизм электрофоретических спектров полипептидов семян некоторых видов сем. *Fabaceae*, характеризующихся перекрестным типом опыления // Сиб. экол. журн. 2003. № 1. С. 9–16.
- Жмудь Е.В., Зиннер Н.С. Содержание белка и активность ингибиторов трипсина в листьях интродуцируемых в Западную Сибирь *Hedysarum alpinum* L. и *Hedysarum theinum* Krasnob. // Растит. ресурсы. 2011. Т. 43, вып. 3. С. 103–111.
- Карнаухова Н.А. Особенности развития *Hedysarum theinum* (*Fabaceae*) в природных условиях и при интродукции в Центральный сибирский ботанический сад (г. Новосибирск) // Растит. ресурсы. 2007. Т. 43, вып. 3. С. 14–25.
- Карнаухова Н.А., Сыева С.Я. Опыт создания искусственных популяций *Hedysarum theinum* (*Fabaceae*) // Растит. мир Азиатской России. 2012. № 2 (10). С. 142–149.
- Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений. Барнаул, 2006. Т. 2. 262 с.
- Красная книга Республики Алтай (растения). Горно-Алтайск, 2007. 272 с.
- Модина Т.Д. Климаты Республики Алтай. Новосибирск, 1997. 137 с.
- Нечепуренко С.Б., Дорогина О.В. Воздействие различных факторов на прорастание семян *Hedysarum theinum* Krasnob. (*Fabaceae*) // Вестн. АГАУ. 2010. № 10 (72). С. 46–49.
- Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России. Вып. 2. Сосудистые растения. М., 2003. 782 с.