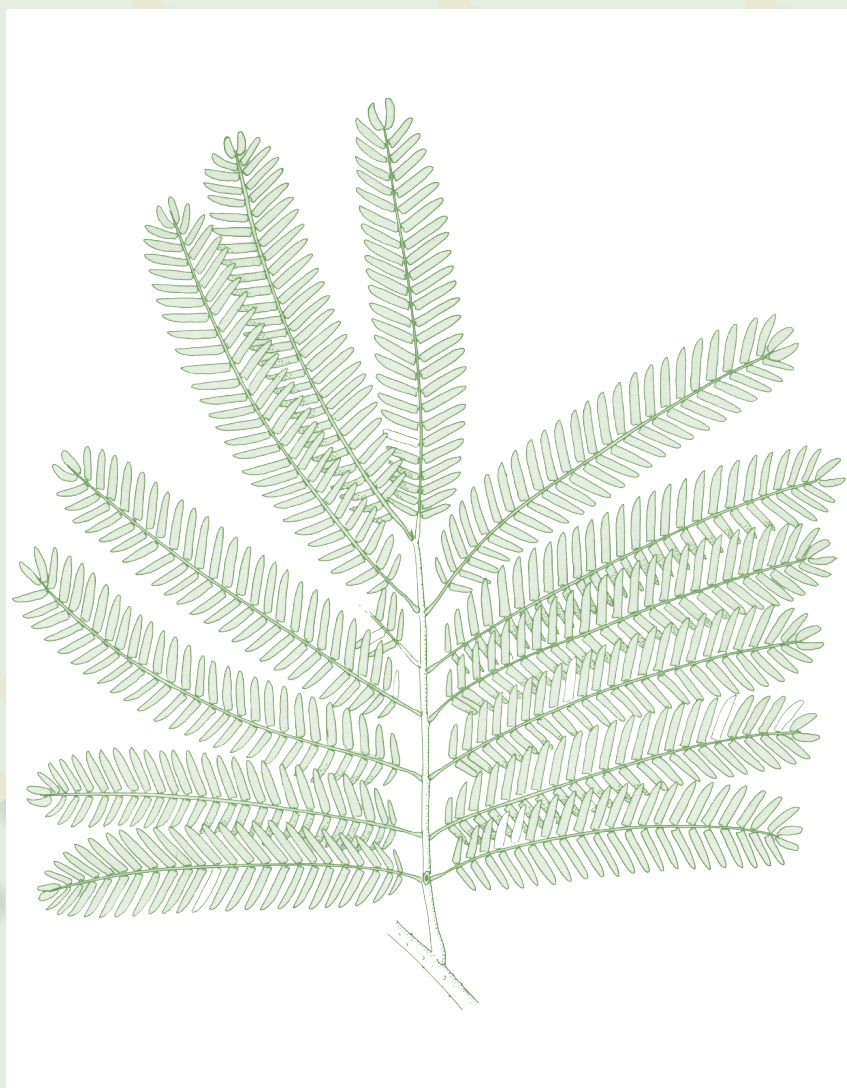


## МОДУЛЬ 1 Стратегии сохранения видов

### Заметки преподавателя 1.1

# *Leucaena salvadorensis*: генетическая изменчивость и сохранение

Дэвид Бошер



## Благодарность

Редакторы данного учебного руководства по генетическим ресурсам лесов хотели бы поблагодарить Яркко Коскела и Барбару Винчети за их вклад в определение потребности в руководстве и за их постоянную поддержку во время его подготовки. Мы выражаем признательность за важные рекомендации контрольной группе ученых в Bioversity International Елизавете Гольдберг, Джозефу Турок и Лоре Снук, которые на разных этапах поддерживали этот проект.

Данное учебное руководство было апробировано в ходе выполнения нескольких учебных мероприятий по всему миру. Мы хотели бы с благодарностью отметить ценную обратную связь, полученную от многих слушателей и их преподавателей, в частности, Рикардо Алиа и Сантьяго Гонсалес-Мартинес из Национального института сельского хозяйства и продовольственных исследований (INIA), Испания, и Питера Кановски из Австралийского национального университета.

Мы хотели бы выразить особую благодарность Томасу Гебуреку, кафедра генетики Федерального научно-исследовательского и учебного центра по лесам, стихийным бедствиям и ландшафту (BFW), Вена, Австрия, за его обзор Конкретных примеров, представленных в этом модуле. Его ценные отзывы позволили значительно улучшить модуль.

Видеоролик «*Leucaena*: чудо-дерево или миф?», является результатом научно-исследовательских проектов, финансируемых Министерством международного развития Соединенного Королевства (DFID) в пользу развивающихся стран. Мнения, выраженные здесь, не обязательно совпадают с мнениями Научно-исследовательских программ Министерства Великобритании по международному развитию в области лесного хозяйства R3714, 4091, 4454, 4525, 4584, 4727, 5654 и R6296. Фотографии, использованные в презентации Power Point, являются собственностью Колина Хьюза, Дэвида Бошера, Королевских ботанических садов в Кью и журнала «New Scientist».

И, наконец, выпуск учебного руководства по генетическим ресурсам лесов был бы невозможным без финансовой поддержки Австрийского агентства сотрудничества в целях развития в рамках проекта «Развитие потенциала профессиональной подготовки и людских ресурсов для управления биологическим разнообразием лесов», реализованного Bioversity International в период 2004-2010 гг. Мы также хотели бы поблагодарить финансируемый Европейской комиссией Проект «SEEDSOURCE» за дополнительную финансовую поддержку.

Все иллюстрации переплета были выполнены Розмари Вайз, а макет был подготовлен Патрицией Тадза. Мы благодарим их за прекрасную работу.

При финансовой поддержке  
Austrian  
Development Cooperation

совместно с



### Ссылка:

Бошер Д. 2011. *Leucaena salvadorensis*: генетическая изменчивость и сохранение. Изучение конкретного примера и заметки преподавателя. Учебное руководство по генетическим ресурсам лесов. Под редакцией Бошер Д., Бодзано М., Лу Дж., Рудебджер П. Bioversity International, Рим, Италия. <http://forest-genetic-resources-training-guide.bioversityinternational.org>

ISBN 978-92-9043-887-8  
ISSN 2223-0165

Bioversity International Via dei Tre Denari, 472/a  
00057 Maccarese, Rome, Italy  
© Bioversity International,  
2011 Bioversity International  
является рабочим названием  
Международного института  
генетических ресурсов растений  
(IPGRI).

## Модуль 1

### Стратегии сохранения видов

#### Заметки преподавателя 1.1

#### ***Leucaena salvadorensis*: генетическая изменчивость и сохранение**

Дэвид Бошер, кафедра растениеводства Оксфордского университета.

#### Введение

Настоящие заметки преподавателя призваны помочь преподавателям в использовании **Изучения конкретного примера 1.1 *Leucaena salvadorensis*: генетическая изменчивость и сохранение** в классе.

Заметки:

- описывают основные понятия, рассматриваемые в изучении конкретного примера, со ссылками на учебники или документы по генетическим ресурсам лесов, где можно найти объяснения (полный список литературы представлен в конце данного документа);
- предоставляют практические рекомендации по подготовке и проведению упражнения, а также обсуждению основных учебных вопросов (генетических и других), которые студенты должны извлечь из Изучения конкретного примера.
- предоставляют комментарии к презентации PowerPoint, которая используется для ознакомления слушателей с конкретным примером. Презентация содержит фотографии вида, участки, где он встречается, соответствующие вопросы по землепользованию в этом районе, а также рисунки / таблицы из упражнения.

Следующие вспомогательные материалы представлены на прилагаемом DVD диске и веб-сайте Учебного руководства по генетическим ресурсам лесов по адресу [www.biodiversityinternational.org](http://www.biodiversityinternational.org)

- PowerPoint презентация преподавателя;
- видеоролик, содержащий исходную информацию о роде *Leucaena* и важности разнообразия видов;
- Изучение конкретного примера.

#### **Ключевые понятия, подлежащие рассмотрению/ознакомлению в рамках данного изучения конкретного примера**

##### **Общее сохранение**

- ***In situ, ex situ* сохранение:** см. ФАО и др. (2004а), стр. 5-16, 33; ФАО и др. (2001); ФАО и др. 2004b; Финкелди (2005), стр. 181-198; Гебурек и Турок (2005), стр. 6-8, 535-562, 567-581, а также **сохранение посредством использования в фермерских хозяйствах - *circa situm***: Бошер и др. (2004).

##### **Генетические понятия**

- **Правило 50/500 и эффективный размер популяции по сравнению с размером переписи:** см. ФАО и др. (2004а), стр. 43-44; ФАО и др. (2001), стр. 7, 10, 61; ФАО и др. (2004b), стр. 10-12; Финкелди (2005), стр. 177,

181-198; Гебурек и Турок (2005), стр. 162-164, 420-431.

- **Генетические процессы, связанные с небольшими популяциями – повышенный генетический дрейф, эффект «бутылочного горлышка», повышенный инбридинг и, следовательно, гомозиготность:** см. ФАО и др. (2004а), стр. 43-44; Финкелди (2005), стр. 75-76.
- **Механизмы самонесовместимости:** см. Финкелди (2005), стр. 91-93; Гебурек и Турок (2005), стр. 177-180, 428.
- **Правило одного мигранта на поколение -  $Nm > 1$**  (см. Гебурек и Турок 2005, стр. 203, 442).

## Как проводить упражнение

Упражнение можно проводить различными способами, в зависимости от наличия времени и размера класса. Упражнение наиболее эффективно, если слушатели работают в группах по 4-5 человек (не более 6 человек в группе). Лучше всего, если слушатели уже ознакомились с примером до начала упражнения. *В этом случае драгоценное время работы в классе не затрачивается на чтение материала со слушателями во время занятия.* Поэтому, раздайте конкретный пример во время предыдущего занятия, проинструктировав прочитать его к следующему занятию. Сама собой разумеется крайняя важность того, чтобы учителя и любые помощники были в полной мере знакомы со всем текстом. Обратите внимание, что упражнение рассматривается в контексте 1990-х гг., как в плане статуса вида, так и ключевых характеристик страны; наиболее свежая информация и изменившиеся условия **не** включены в пример, поскольку они не имеют отношения к выполнению упражнения.

Идеальное количество слушателей: 12-20.

Идеальная продолжительность занятия: 3 часа, распределенные на следующие этапы:

- **Введение:** показ видеоролика и последующая демонстрация PowerPoint презентации – *примерно 30 минут*;
- **Групповая работа:** Подходит для 2-4 групп по 4-5 человек в каждой. Каждая группа разрабатывает стратегию для одной из стран, а одна группа выступает в качестве международной организации по сохранению. Каждая группа старается использовать различный подход, поднимаются различные вопросы, так что, в целом, охватывается большинство моментов. Слушатели обсуждают конкретный пример между собой, отвечая на **конкретные** вопросы и разрабатывая свои стратегии. Преподаватель должен находиться рядом, чтобы ответить на любые вопросы групп. Однако, необязательно, чтобы все время отводилось работе всего класса с преподавателем. Как только преподаватель и группы убедятся в том, что они понимают задание и проблематику, каждая группа может встретиться, обсудить и подготовить стратегию вне учебного времени – *1,5 часа*.
- **Презентации:** каждая группа устно представляет свою стратегию в классе (с использованием вспомогательных материалов с основными моментами, описанными на большом бумажном листе или в презентации **PowerPoint**) – *10 минут на презентацию* и 5 минут после каждой презентации для вопросов и комментариев остальных участников класса и преподавателя.
- **Итоговое обсуждение:** проводится под руководством преподавателя, позволяя сформировать общие комментарии о том, что прошло удачно, что было упущено, и т.д. – *10 минут*.

## Исходная информация

**Видеоролик:** продолжительность 18,5 минут. Он предоставляет исходную информацию по роду *Leucaena* и о важности использования разнообразия видов. В частности, упоминается *L. salvadorensis* и демонстрируются условия, в которых произрастает вид.

**Презентация PowerPoint:** на ознакомление с ней потребуется около 20 минут. Она повторно подчеркивает некоторые моменты, отмеченные в видеоролике, а также объясняет некоторые отдельные вопросы, поднятые в Изучении конкретного примера.

**Слайд 2** – карты и таблицы из упражнения, содержащие информацию о распределении видов и размерах популяций (также *слайды* 9-10).

**Слайды с 3 по 5** – фотографии отдельных популяций вида *L. salvadorensis*, они демонстрируют отсутствие леса в ландшафте и поддержание деревьев фермерами в своих фермерских хозяйствах. Популяция Нуэва-Эспарта состоит всего из 16 деревьев, произрастающих в одном фермерском хозяйстве. Из них три дерева старые, а остальные гораздо моложе, что означает очень малый эффективный размер популяции.

**Слайды с 6 по 7** демонстрируют, как самонесовместимость приводит к низкому урожаю стручков у *L. salvadorensis*, по сравнению со способным к самоопылению *L. leucosephala* и, как следствие, проблемам засоренности в случае последнего.

**Слайд 8** демонстрирует генетическую основу для механизма самонесовместимости (SI) у *L. salvadorensis*. Преподаватель может объяснить, что система (гаметофитный SI) зависит от SI аллелей. В большинстве популяций представлено большое количество SI аллелей, так что большинство кроссов совместимы и производят семена (Обратите внимание: *это необязательная информация, в зависимости от того, способен ли класс справиться с таким уровнем сложности*).

**Слайд 9** освещает альтернативные цели сохранения; преподаватель должен подчеркнуть слушателям необходимость первоначального определения цели своей стратегии. Очень часто слушатели не определяют стратегию или забывают объяснить ее сущность. Без этого невозможно судить об эффективности стратегии сохранения. Цели должны быть актуальными и реалистичными, и не являться примером синдрома «Операция прошла успешно, но пациент умер», т.е. мы выполнили все мероприятия успешно, но это совершенно не помогло.

**Слайды с 10 по 11** освещают вопрос размера популяций. Сравните эти данные с размерами популяций, представленными в Таблице 1 (Изучение конкретного примера), и тем, как перекрывающиеся поколения свидетельствуют о том, что эффективный размер этих остатков популяций будет меньше, чем число переписи.

**Слайды с 12 по 15** обобщают различные подходы к сохранению и связанные с ними проблемы. Акцент должен быть сделан на их взаимодополняющем характере, а не модели «или/или». Акцент, однако, будет смещаться в зависимости от особенностей рассматриваемого вида и популяции.

**Слайды с 16 по 18** знакомят с идеей и рассматривают вопрос, могут ли деревья, встречающиеся в сельскохозяйственных ландшафтах, представлять значение для сохранения некоторых видов (иногда известного, как *circa situm* сохранение), а также отрицательные мнения, что они не представляют такого



значения (подробную информацию см. Введение к Модулю 2: Деревья вне лесов).

*Слайды с 19 по 20* позволяют преподавателю представить концепцию типичных/редких и широко распространенных/локализованных аллелей (см. Блок 1, представленный ниже).

*Слайд 21* предоставляет возможность преподавателю объяснить, что означает древовидная диаграмма, представленная в упражнении, т.е. какие популяции генетически более тесно связаны друг с другом. Вы можете указать на то, что это может помочь в определении приоритетов относительно того, какие популяции сохранять.

*Слайд 22* позволяет преподавателю объяснить значение Таблицы 4 и Рисунка 3 для упражнения, то есть, географические расстояния между популяциями, то, насколько они малы в большинстве случаев, и что общая площадь распределения охватывает лишь 160 км. На рисунке 4 используются данные из Таблицы 3, на нем изображено сокращение потока генов с увеличением расстояния между популяциями. Концепция одного мигранта на поколение ( $Nm > 1$ ), будучи достаточной для предотвращения дифференциации популяций, может быть внедрена и использоваться для определения приоритетов сохранения.

*Слайды с 23 по 24* предоставляют преподавателю возможность пройтись по задачам, которые необходимо будет выполнить слушателям в ходе упражнения. Преподаватель должен подчеркнуть: а) необходимость быть конкретными относительно того, что стратегия включает в себя, поскольку слушатели, как правило, дают слишком обобщенные рекомендации; б) необходимость определения приоритетности – слушатели, как правило, рекомендуют осуществлять весь спектр деятельности и не в состоянии признать, что ресурсы для такой деятельности являются крайне ограниченными; в) необходимость указать какую информацию/факты они использовали для подтверждения обоснованности каждого рекомендуемого мероприятия; г) необходимость представления убедительных доводов, которые позволят склонить доноров/правительство к выделению средств и/или принятию стратегии/законодательства по сохранению видов.

## **Важные моменты, которые необходимо поднять в ходе обсуждений и охватить в стратегиях слушателей**

### **Комментарии по вопросам**

Подумайте:

- *как вмешательство человека сформировало генетику *L. salvadorensis*?* Из текста студенты должны быть в состоянии установить отсутствие свидетельств того, что общее распространение вида ранее было намного шире, чем в настоящее время (показано на Рисунке 1). Однако теперь оно фрагментировано из-за человеческого вмешательства, а размеры популяций значительно сократились.
- *какая система скрещиваний представлена, механизм распространения семян и пыльцы?* См. Раздел «Фенология», слайды 6-7.
- *каковы уровни генетической изменчивости и как аллели распространяются среди популяций? Существует ли список локализованных, но типичных аллелей?* См. Блок 1.
- *являются ли регионы происхождения, представленные на карте, действительными – какие популяции различаются?* Очевидно, что регионы происхождения, представленные на карте, не являются действительными.

**Блок 1 Типичные/редкие и широко распространенные/локализованные аллели**

В попытке определить приоритеты генетического отбора проб/сохранения, а также «полезную изменчивость», Маршалл и Браун (1975) определили четыре концептуальных класса аллелей в зависимости от частоты и распространения внутри и между популяциями. Каждый аллель классифицируется, как редкий (частота  $<0,05$  или  $<0,10$ ), и, наоборот типичный, превышающий данную частоту, по крайней мере, в одном случае. Эти два класса делятся на два подкласса в зависимости от их географического распространения, учитывая, встречается ли аллель во многих популяциях (широко распространенный) или только в одной или нескольких (локализованный). Это ведет к формированию следующей матрицы:

	Широко распространенный	Локализованный
Общий	Простота сбора	Приоритетный
Редкий ( $<0,05$ )	Зависимость от размера выборки	Случайность

Сбор/сохранение класса «типичный-широко распространенный», который предположительно включает в себя масштабно адаптированные аллели, не представляет проблемы, поскольку они неизбежно собираются независимо от стратегии. Сохранение «редких-широко распространенных» аллелей будет зависеть от общих усилий по сбору (т. е. размера выборки), а не того, как эта выборка организована среди популяций. Маршалл и Браун (1975) утверждают, что «типичные-местные» аллели заслуживают приоритетного статуса в стратегиях сохранения, так как они предположительно включают аллели, которые способствуют специфической приспособляемости к местным условиям. Отдельные аллели в группе «редкий-локализованный» чрезвычайно трудно собирать (т.е. «случайность»), и сюда относятся варианты, являющиеся, в целом очень редкими, (например, новые или вредоносные мутанты). Часть этого класса будет включена, но сохранение всех существующих отдельных «редких-локализованных» аллелей всегда будет превышать доступные ресурсы. При использовании понятий аллельного богатства (частота общего  $>0,05$ , или редкого  $<0,05$ ), аллельной равномерности распределения (широко распространенные  $>0,25$  популяции или местные  $<0,25$  популяции), слушатели должны быть в состоянии выделить следующие аллели (см. Таблицу 2):

- Локализованные, но типичные. Например, *Pgm-2b* Калаире, *Pgi-3b* Ла-Галера, *Pgd-1b* Сан-Хуан-де-Лимай, Ла-Гарита.
- Локализованные, но редкие. Например, *Pgm-1a*, *Pgi-3e*, *Idh-2d*.
- Широко распространенные и типичные. Например, *Pgm-1b&c*, *Pgm-2a&c*, *Pgi-2a,b,c*, *Pgi-3d*, *Pgd-1a&c*, *Idh-1a,b,c*, *Idh 2a,b,c*.
- Широко распространенные, но редкие. Например, *Idh-1d*.
- *Pgi-3a* и *Pgi-3c* могут считаться локализованными, но типичными. Они встречаются примерно в половине популяций и их трудно классифицировать.

Может быть выявлено, что предел редкости и распространенности является произвольным (как правило, установлен на уровне 0,05 или 0,1). Так, *Pgm-1a* с частотой 0,085 в Рио-Накаоме и отсутствующий во всех других популяциях, вероятно, будет лучше рассматривать как локализованный и редкий.

ми. В разделе «Распространение» указывается, что первоначальные регионы происхождения, показанные на карте, были определены на основе основных водоразделов, за исключением западных и восточных пределов, где были использованы соответственно границы между Гондурасом/Сальвадором и Гондурасом/Никарагуа. Древовидная диаграмма (Рисунок 2) является самым простым способом узнать, какие популяции являются генетически схожими или различными. Древовидная диаграмма демонстрирует, что популяции могут быть сгруппированы в 3-5 регионов происхождения. Это дает слушателям возможность рассмотреть вопрос, какие популяции должны быть сохранены, т.е. нет необходимости вкладывать ресурсы в сохранение двух популяций, которые по существу генетически

одинаковы и содержат те же аллели (например, Ла Гарита и Рио Накаоме). Группы Нуэва-Эспарта (Сальвадор) генетически схожи с группами Сан-Антонио (Гондурас), т.е. поток пыльцы не соблюдает политических границ (см. также ФАО и др. (2004а), стр. 31).

- *первые коллекционеры объединили участки Калаире и Чарко-Верде в один регион происхождения – данное объединение все еще действует?* Не на основе генетических данных Чарко-Верде группируется генетически с Ла-Гарита и Рио-Накаоме. Тем не менее, небольшой размер Чарко-Верде (79 деревьев) и, в частности, малое количество деревьев (шесть; Таблица 1), образцы семян которых были отобраны, означают, что связь будет подвержена сильному воздействию последствий выборки/дрейфа. Поэтому, было бы неразумно считать их генетически различными и объединять их вместе, поскольку они находятся всего в 11 км друг от друга и происходят из крайне схожих климатически районов.
- о том, что возможность составления определенных выводов на основе генетических данных ограничена небольшими размерами выборки из некоторых популяций, хотя использование семян означает, что в каждой популяции были отобраны семена не только с маточных деревьев. Информация экологического характера, например, количество осадков и высота над уровнем моря, представленная в Таблице 1, может также способствовать сохранению генетических ресурсов посредством указания популяций, которые, вероятно, испытывают подобное/другое экологическое давление отбора под влиянием окружающей среды и, следовательно, являются генетически отличающимися. В этом случае информация в Таблице 1 означает наличие аналогичных связей с данными, представленными на Рисунке 2, и только не очевидна дифференциация между Ла-Галера, Калаире и Чарко-Верде.

## Перечислите проблемы по типу

### Генетические

- *Какие популяции слишком малы?* Большинство популяций слишком малы: всего три из них (Калаире, Ла-Гарита, Сан-Хуан-де-Лимай) включают 500 или более особей. Эффективный размер популяции, вероятно, будет намного меньше из-за перекрывающихся поколений (например, сообщается, что в Нуэва-Эспарта только 3 крупных дерева среди оставшихся 16 деревьев). Механизм самонесовместимости (SI) у *L. salvadorensis* также может привести к сокращению эффективного размера популяции; а в случае небольших популяций, SI аллели, как и другие аллели, будут потеряны вследствие дрейфа. При меньшем количестве SI аллелей в популяции, большее количество кроссов окажутся несовместимыми и не смогут произвести семена, а любое дерево с уникальным SI аллелем будет располагать репродуктивным преимуществом (будучи совместимым с большинством других деревьев) и, следовательно, преобладать в воспроизводстве, сокращая эффективный размер популяции и генетическое разнообразие любого возобновления.

### Другие

- *Каким угрозам подвергается *L. salvadorensis* (краткосрочным и долгосрочным)?* Краткосрочными угрозами, в основном, являются вырубка лесов, недостаток знаний о *L. salvadorensis* и предпочтительная посадка *L. leucosephala* в рамках программ лесовосстановления в районах естественного распространения *L. salvadorensis*. Долгосрочными угрозами являются небольшой размер почти всех популяций, что угрожает виду с точки зрения стохастических угроз и эволюционной приспособляемости.
- *В отношении каких популяций деятельность является приоритетной и какого типа она должна быть?* Приоритетное внимание должно уделяться сохранению популяций, имеющих наибольшие шансы на жизнеспособность (генетические и в социальном контексте), которые вместе



- охватывают диапазон генетического разнообразия внутри вида.
- *Какие* используются методы сохранения – *in situ*, *ex situ*, *on-farm (circa situm)*? См. Общие пункты, представленные ниже.
  - *Какие социальные факторы ограничивают посадку и сохранение?* Антропогенное давление на оставшиеся леса и деревья. Недостаток знаний о *L. salvadorensis* и недоступность семян / растений вида для людей, осуществляющих посадку деревьев.
  - *Что должны знать пользователи и как вы будете передавать им эти знания?* Лица, участвующие в посадке деревьев и управлении земельными ресурсами в районах естественного распространения вида (например, неправительственные организации) должны знать о различиях между *L. salvadorensis* и *L. leucosephala*. Стратегия коммуникации требует производства адресной информации (например, плакаты / листовки).
  - *Кто будет осуществлять деятельность, какую деятельность и где?* (См. Общие и Отдельные пункты, представленные ниже).
  - *Как вы будете ее оплачивать?* Необходимо, чтобы слушатели понимали, что ресурсы на сохранение ограничены и, следовательно, требуют приоритизации мероприятий, в зависимости от доступных ресурсов. Основные мероприятия, описанные ниже, имеют ограниченный характер, но выполнимы. Сбор семян требует дополнительных денежных средств, а передача информации о важности и преимуществах *L. salvadorensis* требует скромного бюджета, который также пополнится за счет перенаправления существующих ресурсов.

## **Стратегии слушателей должны обозначать:**

### **Общие пункты**

Большинство популяций слишком небольшие по размеру. Только три из них (Калаире, Ла-Гарита, Сан-Хуан-де-Лимай) включают 500 или более особей. Судя по всему, эффективный размер популяций является крайне небольшим вследствие перекрывающихся поколений (и потери SI аллелей).

Деятельность по сохранению должна быть направлена на те области, где ограниченные ресурсы могут быть наиболее эффективными. Рекомендовать мероприятия для всех популяций не практично и не рентабельно.

Варианты исключительно *in situ* сохранения очень ограничены. Только в Никарагуа осталась популяция, связанная с остаточными лесами. Все другие популяции встречаются в виде отдельных деревьев, в рамках модифицированных агро-экосистем (например, фермерские поля). Поэтому наиболее эффективным будет сочетание *on-farm* сохранения (*circa situm*) и *ex situ* деятельности.

### **Сальвадор**

Здесь существует только одна популяция. Она находится в Нуэва-Эспарта и слишком мала по размеру. Таблица 1 содержит данные о 16 деревьях, а эффективный размер популяции, вероятно, намного меньше (ближе к трем – количество крупных деревьев, см. раздел «Сбор семян»).

Имеются свидетельства генетического эффекта «бутылочного горлышка» (в небольших популяциях) с фиксацией некоторых аллелей (например, *Pgm-1b*, *Pgd-1c*, Таблица 2).

Сбор семян с оставшихся деревьев в Нуэва-Эспарта может также привести к использованию узкородственного материала.

Популяция в Сан-Антонио, Гондурас, является самой близкой по расстоянию (18 км, Таблица 4) и генетически (Рисунок 2). Значение Nm (3.6, Таблица 4) указывает на исторически сильный генетический поток между двумя популяциями.

Деятельность по сохранению должна увеличивать как размер популяции, так и повышать генетическое разнообразие. Сан-Антонио является самым близким в родственном плане (см. выше) и, следовательно, наилучшим местом для получения семян в целях восстановления генетического разнообразия популяции Сальвадора. Обычно, в ходе занятий, группа по Сальвадору рекомендует данный вид деятельности, но не может рассмотреть возможность обмена семенами с группой Гондураса.

Список видов, находящихся под угрозой исчезновения, представленный в ключевых характеристиках Сальвадора, не включает *L. salvadorensis*, что указывает на недостаток информации, который должна решить стратегия сохранения.

Слушатели зачастую демонстрируют сильную озабоченность/энтузиазм относительно сохранения оставшихся деревьев в Нуэва-Эспарта. Однако, хотя в Сальвадоре осталось только три дерева, отсутствуют свидетельства того, что они являются генетически отличающимися/уникальными, то есть их потеря не является невозможной. Ресурсы могут быть более эффективно направлены на получение близкородственного материала с более обширной генетической основой, который предоставляет широкие возможности долгосрочной жизнеспособности популяции. Также, высокий приоритет придается решению вопроса недостатка знаний относительно вида внутри страны (как на политическом, так и на местном уровнях). Стратегия сохранения должна быть направлена на работу местного сообщества по лесовосстановлению, чтобы обеспечить посадку *L. salvadorensis* вместо *L. leucocephala*. Сюда входит деятельность по обеспечению доступности семян/растений *L. salvadorensis* (например, использование импортированных семян для организации *ex situ* лесонасаждения, которое может быть использовано в качестве семенного питомника через 2-3 года).

### **Гондурас**

В Гондурасе произрастает большая часть популяций вида (шесть) и представлен наиболее широкий диапазон разнообразия.

Только в популяциях Калаире и Ла-Гарита произрастает 500 и более деревьев (Таблица 1), другие популяции на сегодняшний день слишком малы для обеспечения долгосрочной жизнеспособности.

Имеются свидетельства наличия эффекта «бутылочного горлышка» (в небольших популяциях) с фиксацией ряда аллелей (например, Ла-Галера *Pgi-2c*, *Idh-1b*, Сан-Антонио *Pgi-3c*, Рио-Накаоме *Pgm-2c*, Чарко-Верде *Pgi-3d*, Таблица 2).

Фокусирование деятельности по сохранению в Ла-Галера, Ла-Гарита и Калаире обеспечит сохранение генетически отличающихся популяций, наиболее жизнеспособных в плане их размера и содержания в них всех типичных, но локализованных аллелей.

Так как семена могут сохранять жизнеспособность на протяжении многих лет, сбор семян популяций Ла-Галера, Ла-Гарита и Калаире, а также их хранение в семенном фонде обеспечит *ex situ* сохранение большей части генетического разнообразия в Гондурасе в случае, если оставшиеся популяции *in situ* будут уничтожены. Стратегия должна обозначать детали сбора семян, например, в популяциях Ла-Галера, Ла-Гарита и Калаире собирать равное количество семян с, по крайней мере, 20 деревьев, растущих на расстоянии 100 м.

### **Никарагуа**

Здесь представлена только одна популяция, но крупнейшая по количеству

видов (>1000, Таблица 1). Таким образом, отсутствуют свидетельства эффекта «бутылочного горлышка» (на основе небольшого размера популяции) и фиксированных аллелей в рассматриваемых локусах (SJL, Таблица 2). Это наиболее жизнеспособная из всех популяций. Мероприятия по сохранению могут носить относительно менее масштабный характер, учитывая крупный размер популяции и отсутствие свидетельств каких-либо непосредственных угроз. Требуется в некоторой форме мониторинг для проверки поддержания популяции и предотвращения ее сокращения. Целесообразен сбор семян в целях сохранения популяции *ex situ* (в Гондурасе), чтобы предотвратить потерю генетических ресурсов в случае любого катастрофического уничтожения популяции *in situ*.

Низкий приоритет, придаваемый виду (см. Заметки о стране) в Никарагуа, означает, что ресурсы для сохранения будут ограничены и, следовательно, следует использовать соответствующие мероприятия по посадке деревьев.

### **Международный уровень**

Усилия международных организаций направлены на поддержание деятельности, которая ведет к сохранению видов, находящихся под угрозой исчезновения. Согласно информации, предоставленной ФАО, маловероятно получение крупных денежных средств посредством Полевой программы, учитывая ее недостаточную активность в засушливых регионах Латинской Америки. Более вероятно выделение небольшого гранта (обратите внимание на средние, максимальные и минимальные значения) в рамках Регулярной программы. Средства, как правило, ограничены, поэтому они должны выделяться на деятельность, имеющую вероятность максимального воздействия, а не политически простые варианты равного разделения финансирования между странами. Так, представляется необоснованным выделение таких средств Сальвадору, чья популяция слишком мала, чтобы быть жизнеспособной, и не содержит уникального генетического разнообразия. Приоритет должен отдаваться содействию сохранения генетически отличающихся популяций в Гондурасе и Никарагуа. Наиболее рентабельной поддержкой, вероятно, является финансовая помощь *ex situ* коллекциям семян и их хранению (см. страновые стратегии Гондураса и Никарагуа). Более крупная доля денежных средств должна быть выделена Гондурасу, где представлено большее количество популяций (три в Гондурасе, одна в Никарагуа), семена которых можно собрать. Группа также может способствовать обмену семенами между странами, чтобы семена хранились в нескольких семенных фондах для обеспечения сохранения в случае потери какого-либо из фондов.

Обычно международная группа рекомендует мероприятия для каждой страны, но не способна обсудить предложения с другими группами в ходе выполнения упражнения. Ситуация, возможно, не такая уж необычная в реальном мире! Если группа действительно не способна участвовать в дискуссиях с другими группами, преподаватель может использовать это в итоговом обсуждении в качестве примера важности привлечения всех заинтересованных сторон (и эффективного взаимодействия между ними) к составлению и реализации реальных мероприятий по сохранению.

### **Последующая деятельность**

Если преподаватель выявит, что одна или более групп рекомендовали все возможные мероприятия в качестве части своих стратегий, он может провести короткое упражнение с целью предложить им пересмотреть предложенные ими мероприятия и приоритезировать их. Сообщите группам, что у них есть только 10 000 долларов США на реализацию их стратегии, и попросите их указать, какие из предложенных мероприятий они бы профинансировали, используя эти ресурсы. Обычно, это быстро приводит к тому, что группы осознают реальность доступных ресурсов, и исключают

многие предложенные мероприятия, как излишние. Ниже представлена примерная стоимость возможных мероприятий. Обратите внимание: это не единственные варианты, возможно добавление и других.

Мероприятие	Стоимость в долларах США
Сбор семян, на популяцию	1000
Организация лесонасаждения <i>ex-situ</i> сохранения, на популяцию	500
Испытание места происхождения, на участок	2000
Поддержание лесонасаждения сохранения или испытания в течение 3 лет	500
Мониторинг, на участок в год	100
Информационные материалы, за публикацию (включая распространение)	1000
Семинар внутри страны для популяризации сохранения <i>L. salvadorensis</i>	3000
Новое исследование молекулярного маркера (предполагает наличие уже собранного материала)	5000

## Дополнительная информация

- Boshier DH, Gordon JE, Barrance AJ. 2004 Prospects for *circa situm* tree conservation in Mesoamerican dry forest agro-ecosystems [Перспективы *circa situm* сохранения деревьев в агро-экосистемах мезоамериканских сухих лесов]. In GW Frankie, A Mata, SB Vinson editors. Biodiversity conservation in Costa Rica, learning the lessons in the seasonal dry forest. Berkeley, University of California Press. pp. 210–226.
- FAO, DFSC, IPGRI. 2001. Forest genetic resources conservation and management [Сохранение и управление генетическими ресурсами лесов]. Vol. 2: In managed natural forests and protected areas (*in situ*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- FAO, FLD, IPGRI. 2004a. Forest genetic resources conservation and management [Сохранение и управление генетическими ресурсами лесов]. Vol. 1: Overview, concepts and some systematic approaches. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- FAO, FLD, IPGRI. 2004b. Forest genetic resources conservation and management [Сохранение и управление генетическими ресурсами лесов]. Vol. 3: In plantations and genebanks (*ex situ*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Finkeldey R. 2005. An Introduction to Tropical Forest Genetics [Введение в генетику тропического леса]. Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August-University Göttingen, Germany.
- Geburek T, Turok J. eds. 2005. Conservation and management of forest genetic resources in Europe [Сохранение и управление генетическими ресурсами лесов в Европе]. Arbora Publishers, Zvolen, Slovakia.
- Marshall DR, Brown ADH. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation [Оптимальные стратегии выборки в генетическом сохранении]. In OH Frankel, JG Hawkes, Editors. Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 53–80.



## Учебное руководство по генетическим ресурсам лесов

### МОДУЛЬ 1 Стратегии сохранения видов

- 1.1 *Leucaena salvadorensis*: генетическая изменчивость и сохранение
- 1.2 *Talbotiella gentii*: генетическая изменчивость и сохранение
- 1.3 *Shorea lumutensis*: генетическая изменчивость и сохранение

### МОДУЛЬ 2 Деревья вне лесов

- 2.1 Сохранение разнообразия древесных пород в агролесах какао в Нигерии
- 2.2 Разработка вариантов сохранения двух видов деревьев за пределами лесов

### МОДУЛЬ 3 Цепь поставок семян деревьев

- 3.1 Эффект бутылочного горлышка при восстановлении *Araucaria nemorosa*
- 3.2 Посадка деревьев в фермерских хозяйствах в Восточной Африке: как обеспечить генетическое разнообразие?

### МОДУЛЬ 4 Управление лесным хозяйством

- 4.1 Воздействие выборочной рубки на генетическое разнообразие двух амазонских древесных пород
- 4.2 Может ли выборочная рубка ухудшить генетическое качество последующих поколений посредством дисгенетической селекции?
- 4.3 Сохранение *Prunus africana*: пространственный анализ генетического разнообразия для управления недревесной продукцией леса

### МОДУЛЬ 5 Степень локальности – масштаб адаптации

- 5.1 Отбор посадочного материала для восстановления лесов на тихоокеанском побережье северо-запада США
- 5.2 Адаптация к местным условиям и восстановление лесов в Западной Австралии

Будут опубликованы и другие модули, в том числе: лесоводство, окультуривание деревьев, восстановление лесов, генетическая модификация