



МОДУЛЬ 1

Стратегии сохранения видов

Заметки преподавателя 1.2

Talbotiella gentii: генетическая изменчивость и сохранение

Дэвид Бошер, Даниэль Домпрэ и Майк Свэйн



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.

Фотографии, использованные в презентации PowerPoint, являются собственностью Кеннета Аниоми, Дэвида Бошера, Даниэля Домпрэ, Томаса Гебурека, Уильяма Хоторн, Майка Свэйна, журнала «New Scientist», Королевских ботанических садов в Кью и Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

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., Домпрэ Д., Свэйн М. 2011.
Talbotiella gentii:
генетическая изменчивость и
сохранение.
Изучение конкретного примера и
заметки преподавателя. Учебное
руководство по генетическим
ресурсам лесов.
Под редакцией Бошер Д., Бодзано М.,
Лу Дж., Рудебьжер П.
Bioversity International, Рим, Италия.
[http://forest-genetic-resources-training-
guide.bioversityinternational.org/](http://forest-genetic-resources-training-guide.bioversityinternational.org/)

ISBN 978-92-9043-888-5
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 1.2

***Talbotiella gentii*: генетическая изменчивость и сохранение**

*Дэвид Бошер, кафедра растениеводства Оксфордского университета
Даниэль Домпрэ, Майк Свэйл, Абердинский университет*

Введение

Данные заметки преподавателя призваны помочь преподавателям в использовании **Изучения конкретного примера 1.2 *Talbotiella gentii*: генетическая изменчивость и сохранение** в классе. Заметки:

- описывают основные понятия, рассматриваемые в изучении конкретного примера, со ссылками на учебники 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 быть способны извлечь из изучения конкретного примера;
- предоставляют комментарии к презентации PowerPoint, которая используется для ознакомления слушателей с конкретным примером. Презентация содержит фотографии вида и заповедников, где он встречается, соответствующие вопросы по землепользованию в этом районе, а также рисунки / таблицы из упражнения.

Презентация PowerPoint, как и Изучение конкретного примера представлены на прилагаемом DVD диске или веб-сайте Учебного руководства по генетическим ресурсам лесов по адресу www.biodiversityinternational.org.

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

Общее сохранение

- *In situ, ex situ сохранение*: см. FAO и др. (2004а), стр. 5-16; FAO и др. (2001); FAO и др. (2004b); Финкелди (2005), стр. 181-198; Гебурек и Турок (2005), стр. 6-8, 535-562, 567-581.

Генетические понятия

- **Правило 50/500 и эффективный размер популяции по сравнению с размером переписи**: см FAO и др. (2004а), стр. 43-44; FAO и др. (2001), стр. 7, 10, 61; FAO 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/фрагментированными популяциями – повышенный генетический дрейф, эффект «бутылочного горлышка», повышенный инбридинг и, следовательно, гомозиготность и инбредная депрессия**: см. FAO и др. (2004а), стр. 43-44; Финкелди (2005), стр. 75-76.

- **Изоляция расстоянием:** см. Гебурек и Турок (2005), стр. 249-250.

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 периода до 2008 года как в плане статуса вида, так и ключевых характеристик страны. Поэтому наиболее свежая информация и изменившиеся условия не включены в пример, поскольку они не имеют отношения к выполнению упражнения.

Идеальное количество слушателей: 4-15

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

Введение: демонстрация PowerPoint презентации. Приведенные ниже комментарии содержат основные пункты, которые необходимо озвучить во время презентации слушателям – *примерно 20 минут*.

Групповая работа: Подходит для 1-3 групп по 4-5 человек в каждой. Каждая группа разрабатывает стратегию для одной из стран, но старается использовать различный подход, поднимаются различные вопросы и, 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. Оно позволяет преподавателю сформировать общие комментарии о том, что прошло удачно, что было упущено, и т.д. – *10 минут*.

Исходная информация

Презентация PowerPoint: на ознакомление с ней потребуется около 20 минут. Она объясняет некоторые отдельные вопросы, поднятые в заметках слушателей к изучению конкретного примера.

Слайд 2 демонстрирует цветки, плоды, листья *T. gentii* и его способность

давать побеги из ствола.

Слайд 3 – аэрофотоснимок и карта демонстрируют лесные заповедники Ганы и распространение популяций *T. gentii*.

Слайд 4 – карта из упражнения, показывающая распространение вида и расположение конкретных популяций. Обратите внимание на вымершие и сохранившиеся популяции, а также увеличившийся разрыв в распространении, вызванный вырубкой леса человеком.

Слайд 5 - общий вид на южный откос гор Аквапим-Атева.

Слайд с 6 по 7 – фотографии отдельных популяций *T. gentii*. Они демонстрируют изоляцию леса на холмах и отсутствие леса на равнинах.

Слайд 8 демонстрирует популяцию в Йонгва с цветущими светло-розовыми кронами деревьев чуть ниже скал, а не деревья с красными цветками. Кроме того, вид на лес изнутри.

Слайд 9 подводит итог потерь лесонасаждений/популяций *T. gentii* за последние годы. Фотография демонстрирует вырубку леса на дрова в Сапавсу.

Слайд 10 демонстрирует обезлесение в одной популяции *T. gentii* за последние годы.

Слайд 11 демонстрирует Ботанический сад в Абури, Гана.

Слайд 12 освещает альтернативы сохранению – преподаватель должен подчеркнуть слушателям необходимость первоначального определения цели своей стратегии. Очень часто слушатели не определяют стратегию или забывают о необходимости объяснения ее сущности. 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 13 по 14 освещают вопрос размера популяций. Сравните эти данные с размерами оставшихся популяций, представленными в Таблице 2 (Изучение конкретного примера), и тем, как перекрывающиеся поколения свидетельствуют о том, что эффективный размер этих остатков популяций будет меньше, чем число переписи.

Слайды с 15 по 18 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 рассматриваемых видов и популяций.

Слайд 19 предоставляет возможность объяснения диаграммы анализа соответствий, представленной в упражнении, то есть того, какие популяции генетически более тесно связаны друг с другом (пунктирные линии окружают образцы из одной популяции). В тексте упоминается высокий уровень генетической дифференциации между популяциями. Преподаватель должен указать, что это может помочь в определении приоритетов относительно того, какие популяции сохранять. Тем не менее, преподаватель должен подчеркнуть момент в тексте, что неспособность образцов из некоторых мест генетически группироваться с другими географически близкими местами, вероятно, отражает эффект выборки/«бутылочного горлышка», вследствие небольшого размера выборки и фактических размеров некоторых оставшихся лесонасаждений, а не любую действительную генетическую дифферен-

циацию.

Слайд 20 предоставляет возможность объяснения генетического «бутылочного горлышка», где происходит потеря аллелей/разнообразия вследствие эффекта выборки, но также и за счет увеличения воздействия генетического дрейфа. Дифференциация увеличивается между популяциями, которые ранее были похожи.

Слайд 21 предоставляет возможность объяснения значения Таблицы 3 для выполнения упражнения, т.е. более крупные популяции демонстрируют более высокий процент полиморфных локусов (например, Абиривапонг 16,9%, Йонгва 13,6%, Шале 8,4%) по сравнению с популяциями меньшего размера. Хотя данные явно смещены неравной выборкой и ее небольшими размерами, в случае небольших популяций они составляют 100% выборку (например, Ботрианса 2,1%, Сенкиесо 2,1%, Больница 0,8%) и, следовательно, являются действительным отражением низкого генетического разнообразия в этих оставшихся популяциях, большинство из которых уже не существуют.

Слайд 22 предоставляет возможность объяснения значения Рисунка 3 для упражнения, то есть контролируемое опыление между деревьями разных популяций показывает повышение приспособляемости (выраженной завязываемостью плодов на Рисунке 3) с увеличением географической и генетической отдаленности между родителями. Это ключ к формированию стратегии сохранения. Повышенная продуктивность семян/саженцев при увеличении генетической/географической отдаленности поддерживает идею, что популяции *T. gentii* подверглись воздействию повышенной фрагментации и сокращения размера, которые привели к увеличению самоопыления и инбредной депрессии.

Слайд 23 предоставляет преподавателю возможность пройтись по задачам, которые необходимо будет выполнить слушателям в ходе упражнения. Необходимо подчеркнуть следующее: а) необходимость быть конкретными относительно того, что стратегия включает в себя. 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) слушателям следует 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

- *Как вмешательство человека, судя по всему, сформировало генетику *T. gentii*? См. раздел «Распространение» и карты. Студенты должны быть в состоянии определить, что нет никаких доказательств того, что общее распространение вида ранее было намного шире, чем в настоящее время - показано на Рисунке 1. Тем не менее, генетическое разнообразие в результате вырубки леса человеком было потеряно вследствие вымирания отдельных популяций. Теперь вид также демонстрирует более высокую степень фрагментации с более значительным сокращением размера популяций ведущим к пониженному генетическому разнообразию.*

- бразию, наблюдаемому в небольших популяциях.
- *Какая система скрещиваний (опыления) представлена, механизм распространения семян и пыльцы?* См. Раздел «Фенология» и страницу 9. Контролируемое опыление демонстрирует, что *T. gentii* имеет смешанную систему скрещиваний (смесь самоопыления и ауткроссинга). Распыление пыльцы *T. gentii* на короткие расстояния ветром и очевидное отсутствие опыляющих насекомых определяют ограниченный обмен пыльцой между деревьями внутри и между популяциями. Семена *T. gentii* рассеиваются на небольшие расстояния, что ведет к прорастанию семян родственных групп деревьев и повышенной вероятности инбридинга между родственными деревьями. Потери генетического разнообразия и инбредная депрессия могут отрицательно сказаться на демографии посредством селективной недоразвитости плодов, низких показателей завязывания семян и возобновления, которые являются очевидными и, таким образом, угрожают сохранению этого исчезающего вида.
 - *Каковы уровни генетической изменчивости и как она распространяется среди популяций? Какие и как популяции различаются?* См. раздел «Генетическая изменчивость в естественных популяциях». Более крупные популяции демонстрируют более высокий процент полиморфных локусов (например, Абиривапонг 16,9%, Йонгва 13,6%, Шале 8,4%) по сравнению с популяциями меньшего размера. Таблица 3 показывает низкий уровень генетического разнообразия, прогнозируемый для лесонасаждений/популяций крайне малого размера. Популяции делятся на три основные генетические группы, связанные с географическим положением (т.е. западная группа, восточная группа и Йонгва). Высокое значение дифференциации популяций (0,941) означает, что популяции *T. gentii* являются сильно структурированными с высокой степенью сходства между особями внутри каждой популяции и низким уровнем потока генов между ними. Лесонасаждение Окпе (Рисунок 1б), исследование которого не проводилось, также может отличаться генетически, учитывая его пространственное разделение.
 - *В какой степени размер выборки ограничивает выводы, которые можно сделать на основе данных генетического маркера?* Данные смещены неравной выборкой и ее небольшими размерами. Уровни генетического разнообразия являются отражением как размера выборки, так и фактического размера популяции (см. колонку 3 Таблицы 3). В случае некоторых небольших популяций они составляют 100% выборку (например, Ботрианса 2,1%, Сенкиесо 2,1%, Больница 0,8%, полиморфные локусы) и, следовательно, являются действительным отражением низкого генетического разнообразия в этих оставшихся популяциях. Повышенное значение дифференциации популяций и неспособность некоторых лесонасаждений генетически группироваться с другими географически близкими местами, отражает эффект выборки/«бутылочного горлышка», вследствие как небольшого размера выборки, так и фактических размеров некоторых оставшихся лесонасаждений, а не действительную генетическую дифференциацию. Таким образом, классификация каждого лесонасаждения в качестве популяции является искусственной и вряд ли отражает первоначальные биологические популяции. Поэтому не следует использовать молекулярно-генетические данные в качестве убедительного доказательства, для обоснования стратегии сохранения.
 - *Какая информация, не связанная с генетическими маркерами, может быть использована для проведения сохранения генетических ресурсов?* Географическое пространственное разделение, размер оставшихся лесонасаждений, а также информация о завязывании плодов от контролируемого опыления могут обеспечить хорошее направление для разработки тщательного сохранения генетических ресурсов, не опираясь на данные молекулярных маркеров. Лесонасаждения/популяции, которые географически расположены близко друг к другу, вероятно, исторически наиболее тесно связаны генетически (изоляция расстоянием). Пространственное

распространение (Рисунок 1а и 1б) делает возможной группировку популяций априори, например, а) Ажена, Шале, Гостиница, Больница, Сапавсу, Йонгва; б) Доркпер, Найо, Йогага; в) Окпе; г) Кробо; д) Абиривапонг, Бубене, Коваре. Эти данные могут быть скорректированы согласно любой информации, свидетельствующей о больших экологических различиях между лесонасаждениями (например, кислая почва по сравнению с щелочной), которые означают различные сильные воздействия отбора. Размер оставшихся лесонасаждений указывает на таковые, находящиеся под угрозой (см. следующий пункт «Какие популяции слишком малы?»), и в отношении которых восстановление связи между оставшимися лесонасаждениями является важным. Результаты контролируемого опыления демонстрируют важность восстановления связи или содействия перемещению материалов между лесонасаждениями, географически близко расположенными, для повышения репродуктивного успеха и возможности для возобновления.

Перечислите проблемы по типу

Генетические

- *Какие популяции слишком малы?* Большинство популяций слишком малы – только Йонгва, площадь которой составляет 134 га, вероятно, включает >500 деревьев (оценочное число 1000). Эффективный размер популяции, вероятно, будет намного меньше из-за перекрывающихся поколений. Изоляция популяций *T. gentii* вследствие растущей фрагментации мешает потоку генов, ведет к генетическому дрейфу и инбридингу с низким уровнем генетического разнообразия. Это может угрожать выживанию отдельных популяций и, в долгосрочной перспективе, вида, вследствие вредного воздействия на приспособляемость, а также пониженной способности адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды. Контролируемое опыление на дальние расстояния восстанавливает поток генов, может ликвидировать данные угрозы, что приводит к повышению завязывания плодов и семян и улучшению качества семян в плане их массы, всхожести и выживаемости саженцев.

Другие

- *Каким угрозам подвергается *T. gentii* (краткосрочным и долгосрочным)?* Краткосрочными угрозами, в основном, являются вырубка лесов, пожары и недостаток знаний о *T. gentii*. Долгосрочными угрозами являются небольшой размер почти всех популяций, а отсутствие потока генов между ними угрожает виду в плане потенциала возобновления, стохастических угроз и эволюционной приспособляемости.
- *В отношении каких популяций деятельность является приоритетной, и какого типа она должна быть?* Приоритетное внимание должно уделяться сохранению тех популяций, которые имеют наибольшие шансы на выживание (генетические и в социальном контексте), которые вместе охватывают диапазон генетического разнообразия внутри вида. Данные по распространению генетической изменчивости среди популяций представляют важность для принятия управленческих решений, например, по эффективной стратегии выборки для *ex situ* сохранения или тому, какие популяции являются приоритетными для деятельности по сохранению (подробную информацию см. в разделе *in situ*, представленном ниже).
- *Какие социальные факторы ограничивают сохранение и посадку?* *In situ* сохранение будет подвергаться воздействию разнообразных ограничений, варьирующихся от экономических до научных и организационных. Ограничивающие факторы также включают антропогенное давление на оставшиеся леса и деревья и, в частности, использование *T. gentii* для производства угля/древесного топлива, периодические лесные пожары и сельскохозяйственную деятельность. Выжигание угля осуществляется *in situ* и многие сеянцы уничтожаются теплом, выделяемым в ходе этого процесса. Хотя данные по стране демонстрируют готовность местных

сообществ участвовать в сохранении, суровая реальность такова, что они не имеют альтернативных средств к существованию и вынуждены использовать ресурсы заповедников.

Стратегии слушателей должны обозначать:

Какие должны использоваться методы сохранения? Стратегия должна использовать сочетание *in situ* и *ex situ* методов:

- *In situ* мероприятия должны фокусироваться на сохранении естественных популяций *T. gentii*, имеющих наибольшие шансы на выживание. Существует 12 сохранившихся популяций: пять в лесных заповедниках (Абиривапонг, Йонгва, Сапавсу, Найом, Дорркпер), четыре на охраняемых территориях, управляемых Администрацией реки Вольта и членами сообществ (Шале, Ажена, Гостиница Вольта, Окпе), и два в священном лесу (гора Кробо, Йогога). Оставшаяся популяция (Кувере) находится под защитой членов сообщества Нямебекиере (подробные предложения по отдельным популяциям см. в Таблице, представленной ниже). Каждая популяция подвергается различным угрозам/имеет различный статус, следовательно, могут потребоваться различные решения по сохранению. Важно повышать статус сохранения всей среды обитания для улучшения поддержания популяций. Как генетическая дифференциация между разобщенными популяциями, так и ограниченное количество «яиц в корзине» требуют немедленных действий, чтобы распределить риск потери редкого вида. Учитывая неизбежную ограниченность ресурсов, приоритет должен отдаваться повышению статуса *in situ* сохранения самой крупной и генетически отличающейся популяции, т.е. Абиривапонг, Йонгва, Окпе, Сапавсу, Ажена, Шале. Таблица 1 демонстрирует, что все популяции подвергаются одинаковым угрозам пожаров, незаконной вырубке и других факторов. *Ex situ* сохранение, как рассматривается ниже, скорее всего, будет более рентабельным в оставшихся заповедниках, с учетом их размеров и угроз.

В дополнение к вопросам и мероприятиям, описанным ниже, которые связаны с *in situ* сохранением (см. выше и Таблицу 1), генетические ограничения могут быть решены с помощью *in situ* посадки саженцев. Поток генов и эффективный размер популяций в этих заповедниках может быть увеличен путем *in situ* посадки саженцев из других популяций. Саженцы из популяций могут быть выращены из семян в питомнике (см. *ex situ* ниже), а затем посажены в других популяциях *T. gentii* для улучшения генетического обмена между популяциями. Пересадка будет осуществляться только в западных или восточных регионах (см. *ex situ* ниже). Для достижения рентабельности данной деятельности необходим надлежащий контроль частоты пожаров и других угроз, таких как выпас скота.

- *Ex situ* сохранение посредством хранения семян предлагает временную меру для видов, находящихся под непосредственной угрозой. Хранение семян большинства бобовых деревьев относительно несложная процедура и поэтому, вероятно, будет эффективным в отношении *T. gentii*. Учитывая проблемы, связанные с объектами хранения (см. Характеристики страны), дубликаты коллекции должны храниться в двух разных холодильных камерах (т.е. FORIG и Центр генетических ресурсов растений). Учитывая высокую генетическую дифференциацию, для сохранения большей части оставшегося генетического разнообразия вида важно, чтобы семена были собраны со всей популяции. Семена должны быть собраны, по крайней мере, с 10 деревьев, разбросанных по территории каждой популяции.

Высокие показатели саженцев *T. gentii* в ходе испытаний лесонасаждений означают, что вид может также быть успешно сохранен посредством *ex situ* посева коллекций семян. Для создания лесонасаждений *ex situ* сохранения, следует рассмотреть вопрос о соответствии того или иного

района в плане аналогичных климатических, погодных и почвенных условий району произрастания вида. С учетом генетической дифференциации и физического разделения популяций, *ex situ* лесонасаждения должны быть организованы в различных «безопасных» местах, в виде региональных коллекций, т.е. западный регион (семена из Абиривапонг, Кувере, Бообохене), восточный регион (Йонгва, Сапавсу, Ажена, Шале, Найом, Дорркер, гора Кробо, Йогога). Оспе может храниться отдельно или вместе с восточным регионом. Это будет способствовать межпопуляционным скрещиваниям, которые позволят *T. gentii* восстановиться от инбредной депрессии и улучшить завязывание плодов и семян и выживаемость саженцев. Следует избегать ауткроссинга между этими регионами, так как он может привести к ослаблению адаптированных к местным условиям геномов чужеродными генами и пониженной приспособляемостью потомства (аутбридинг депрессия). Семена, произведенные в этих *ex situ* лесонасаждениях, также могут быть использованы, как при *in situ* посевах (см. выше), так и в ходе мероприятий по восстановлению.

Существует потенциал для сохранения *T. gentii* в Ганских ботанических садах в Абури, Бунсо и Легоне. Роль ботанических садов в *ex situ* сохранении генетических ресурсов имеет существенные ограничения, такие как, например, небольшой сохраняемый объем. Тем не менее, такая деятельность может предложить более общие выгоды в плане поддержки сохранения видов за счет потенциала образования и огласки, учитывая ежегодное количество посетителей. Также могут появиться возможности развития вида в качестве декоративного растения, как уже произошло с *Psychotria ankasensis*. Опять же, хотя потенциальная роль *ex situ* сохранения генетических ресурсов с помощью данного подхода ограничена, он может привлечь внимание общества и иметь воспитательное значение.

Что должны знать конечные пользователи, и как вы будете передавать им эти знания? Необходимы образовательные программы для местного населения, чтобы сократить неконтролируемое сжигание и вырубку *T. gentii* для производства древесного угля и древесного топлива. Такая деятельность требует производства адресной информации (например, плакаты/брошюры), и она должна осуществляться рука об руку с действиями, которые обеспечивают действенные альтернативы местным сообществам для ликвидации давления на заповедники, например, посадка общественных лесных участков.

Кто будет осуществлять деятельность, какую деятельность и где? Руководители, местное население и органы государственной власти (Администрация реки Вольта, Научно-исследовательский институт лесного хозяйства Ганы - FORIG, Министерство лесного хозяйства - FD) должны быть привлечены к *in situ* сохранению, чтобы объединить их текущие интересы в сохранении, например, сооружение противопожарных полос вокруг популяций *T. gentii* в заповедниках Сапавсу и Шале. Высокий приоритет представляют планы управления, регистрирующие соответствующие меры по защите лесной среды (FD). Необходим мониторинг популяций для проверки их состояния (FD). Следует провести сбор семян, а также создать *in situ* и *ex situ* насаждения (FORIG) совместно с соответствующими органами власти и сообществом заповедника, а также другими субъектами в отношении *ex situ*.

Как вы будете ее оплачивать? Необходимо, чтобы слушатели понимали, что ресурсы на сохранение ограничены и, следовательно, требуется приоритизация мероприятий. 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. Основные мероприятия, указанные выше, имеют ограниченный характер, но выполнимы. Сбор семян может потребовать

Таблица 1. Рекомендуемые мероприятия в популяциях *Talbotiella gentii*

Популяция	Рекомендация Обратите внимание: рекомендации даны для полноты информации, но не ожидайте от слушателей такого уровня детализации
Кувере	Популяция весьма разнообразна, проинформируйте сообщество о необходимости защиты вида. Рекомендуется <i>ex situ</i> сохранение.
Абиривапонг	Рекомендуется <i>in situ</i> сохранение.
Бобоохене	Популяция расположена среди травянистой растительности, высокая угроза исчезновения в результате пожара. Рекомендуется <i>ex situ</i> сохранение.
Йонгва	Популяция весьма разнообразна, рекомендуется <i>in situ</i> сохранение. Следует привлечь сообщества Йонгва к реализации стратегий сохранения. Рекомендуется создание пожарной полосы вокруг популяции.
Гора Кробо	Рекомендуется <i>ex situ</i> сохранение в связи с невозможностью получения разрешения на защиту популяции.
Сапавсу	Сотрудничество (Комиссия по лесному хозяйству и VRA*) в целях защиты популяции. Рекомендуется <i>in situ</i> сохранение.
Гостиница	Сотрудничество (Комиссия по лесному хозяйству и VRA*) в целях защиты популяции. Популяция весьма разнообразна. Рекомендуется <i>ex situ</i> сохранение в связи с ее местоположением.
Найом	Рекомендуется как <i>in situ</i> , так и <i>ex situ</i> сохранение. Технический специалист Комиссии по лесному хозяйству, ответственный за участок, проводит <i>in situ</i> испытание.
Доркпер	Рекомендуется как <i>in situ</i> , так и <i>ex situ</i> сохранение. Технический специалист Комиссии по лесному хозяйству, ответственный за участок, проводит <i>in situ</i> испытание.
Йогога	Рекомендуется <i>ex situ</i> сохранение в связи с невозможностью получения разрешения на защиту популяции.
Ажена (Онинви)	Следует ужесточить законодательство в области защиты. VRA должна сотрудничать с Комиссией по лесному хозяйству в области защиты популяции. Рекомендуется как <i>in situ</i> , так и <i>ex situ</i> сохранение.
Окле	VRA должна сотрудничать с Комиссией по лесному хозяйству в области защиты популяции.
Шале	Следует ужесточить законодательство в области защиты. VRA должна сотрудничать с Комиссией по лесному хозяйству в области защиты популяции.

* Администрация реки Вольта

дополнительные средства, а деятельность по информированию важности *T. gentii* требует скромного бюджета, который пополнится за счет перенаправления существующих ресурсов.

Дополнительная информация

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, editors. 2005. Conservation and management of forest genetic resources in Europe [Сохранение и управление генетическими ресурсами лесов в Европе]. Arbora Publishers, Zvolen.

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