

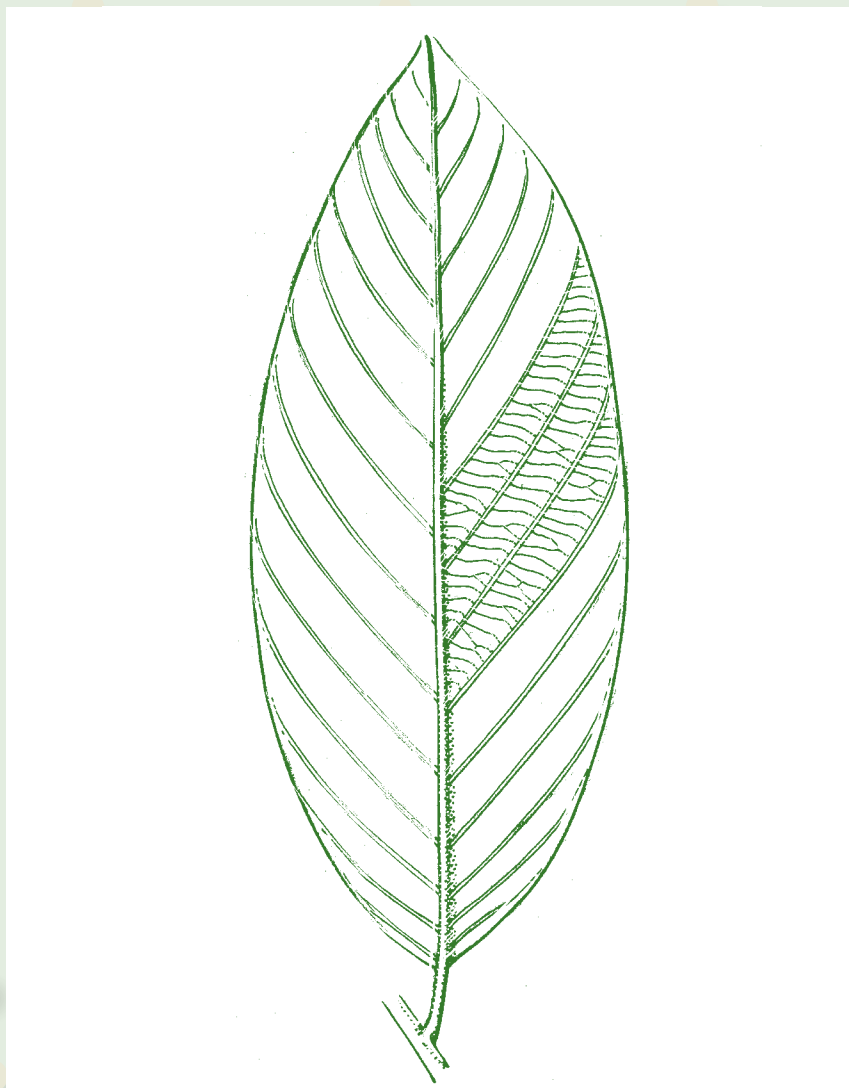
МОДУЛЬ 1

Стратегии сохранения видов

Изучение конкретного примера 1.3

Shorea lumutensis: 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 Ли Сун Леонгу, Научно-исследовательский институт лесов Малайзии (FRIM) за дополнительную информацию и изображения, представленные в данном Изучении конкретного примера. Мы также 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 Ли Сун Леонга, Дэвида Бошера, журнала «New Scientist» и Королевских ботанических садов в Кью.

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. *Shorea lumutensis*: 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 978-92-9043-889-1
ISSN 2223-0165

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

МОДУЛЬ 1

Стратегии сохранения видов

Изучение конкретного примера 1.3

***Shorea lumutensis*: генетическая изменчивость и сохранение**

Дэвид Бошер, кафедра растениеводства Оксфордского университета

В данном Изучении конкретного примера представлена информация о *Shorea lumutensis* Sym. - редком виде семейства диптерокарповых, эндемичном для полуостровной Малайзии. Используйте представленную здесь информацию для разработки стратегии генетического сохранения данного вида, находящегося под угрозой исчезновения. Стратегия должна учитывать, как формы генетической изменчивости вида, так и условия лесного хозяйства/ социально-экономические условия, и может сочетать *in situ*, *ex situ* или другие меры по сохранению. **Убедитесь, что ваши рекомендации являются конкретными и подробными** (например, если вы рекомендуете сбор семян для *ex situ* сохранения, укажите, из каких популяций, какое количество деревьев, какое количество семян, где вы будете их хранить, и т.д.). Также укажите относительную приоритетность действий, так как финансовые средства будут ограниченными. Упражнение выполняется в контексте периода до 2007 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.

В ходе групповых обсуждений вы должны, в частности, подумать и ответить на следующие вопросы:

- как вмешательство человека сформировало уровень генетической изменчивости у *S. lumutensis*?
- какая система скрещиваний (опыления) представлена – механизм распространения семян и пыльцы?
- каковы уровни генетической изменчивости и как аллели распространяются среди популяций?

В вашей стратегии, вы должны подробно указать:

- какие существуют угрозы для *S. lumutensis* (кратко-/долгосрочные) и какие популяции являются приоритетными? Какого типа должна быть такая приоритетная деятельность? **Перечислите проблемы** по типу: **генетические** (например, какие популяции являются слишком небольшими? Какие отличаются?); **другие типы проблем** (например, социальная, проблемы взаимодействия и ресурсов – см. разделы «Статус сохранения», «Ключевые характеристики страны»).
- **какие** используются методы сохранения - *in situ*, *ex situ*, on-farms (*circa situm*)?
- сколько требуется площади территории сохранения? Насколько большой должна быть территория сохранения?
- как должны быть спроектированы территории сохранения?
- какие социальные факторы ограничивают сохранение, использование и посадку?
- что должны знать конечные пользователи; как вы передадите им эту информацию?
- **кто** будет осуществлять деятельность, **какую** деятельность, **где** и **как** вы будете ее оплачивать?

Введение

В полуостровной Малайзии семейство диптерокарповых включает около 155 видов. Ранее сохранение диптерокарповых не считалось важным, так как ни один из видов семейства не рассматривался подверженным угрозе исчезновения. Тем не менее, исследования показали, что более 57% видов ограничены конкретными зонами. Тридцать видов являются эндемичными для полуостровной Малайзии, а 12 - считаются редкими. Из них *Shorea lumutensis* Sym. был определен, как находящийся на грани полного исчезновения из-за прогнозируемого сокращения популяции, по крайней мере, на 80% за последние 10 лет, а его общая численность, первоначально оценивалась менее 250 взрослых особей (критерии МСОП¹: CR A1cd, C2a). Такие небольшие популяции являются более уязвимыми к природным катастрофам, демографической и экологической стохастичности (случайные события), деятельности человека, а также генетической стохастичности, такой как потеря генетического разнообразия вследствие дрейфа и инбридинга.

Описание вида, его использование и статус сохранения

Shorea – род в семействе диптерокарповых, включающий около 350 видов из южной/юго-восточной Азии. *S. lumutensis* – дерево среднего и крупного размера (большинство деревьев имеют ствол <50 см в диаметре на высоте груди, иногда >100 см) с неравномерно покрытой продольными трещинами корой и коротким комелем. Листья кожистые, продолговато-эллиптической формы с примерно 14 парами жилок, заметных на обратной стороне листа, имеющей обычно серовато-голубую поверхность, что и дало дереву его малайское название *balau putih* (т.е. белый Балау). Цветки гермафродитные, около 9 мм длиной, лепестки удлинённые, бледно-желтого цвета, тычинок 20-25. Плоды почти сидячие, с тремя внешними и двумя внутренними крыльями.

Фенология

Цветение диптерокарповых носит крайне эпизодический характер. С нерегулярными интервалами в 2-10 лет сезонные тропические леса в Малайзии демонстрируют обильное массовое цветение, за которым следует массовое плодоношение. Во время обильного цветения почти половина взрослых особей и >80% полога и возвышающихся над другими видами деревьев в лесу могут цвести в течение короткого периода - 3-4 месяцев. В лесу быстро увеличивается число опылителей, частично за счет их миграции с окраин леса, прибывающих кормиться обильными цветками. Многие виды диптерокарповых, для которых характерен один и тот же опылитель (например, трипс обыкновенный), сокращают конкуренцию в отношении опылителя за счет поочередного цветения. Количество трипса за несколько недель до начала цветения быстро растет за счет питания/размножения на миллионах цветочных почек диптерокарповых. Показателем (ориентиром) в окружающей среде этого нерегулярного, но широко распространенного массового цветения является небольшое снижение средней ночной температуры примерно на 2°C в течение 4-5 ночей, что имеет место во время Эль-Ниньо.

Наблюдения за *S. lumutensis* в естественном лесу в течение 3,5 лет выявили только один случай цветения (около двух недель, на 5 из 35 деревьев с >30 см диаметром ствола на высоте груди). При наблюдениях за «мужским» цветением выявлено еще семь деревьев в пределах одного участка, которые также цвели (всего 12 из 35 отцветших деревьев), но, вероятно, интенсивность их цветения была настолько низкой, что его было трудно наблюдать

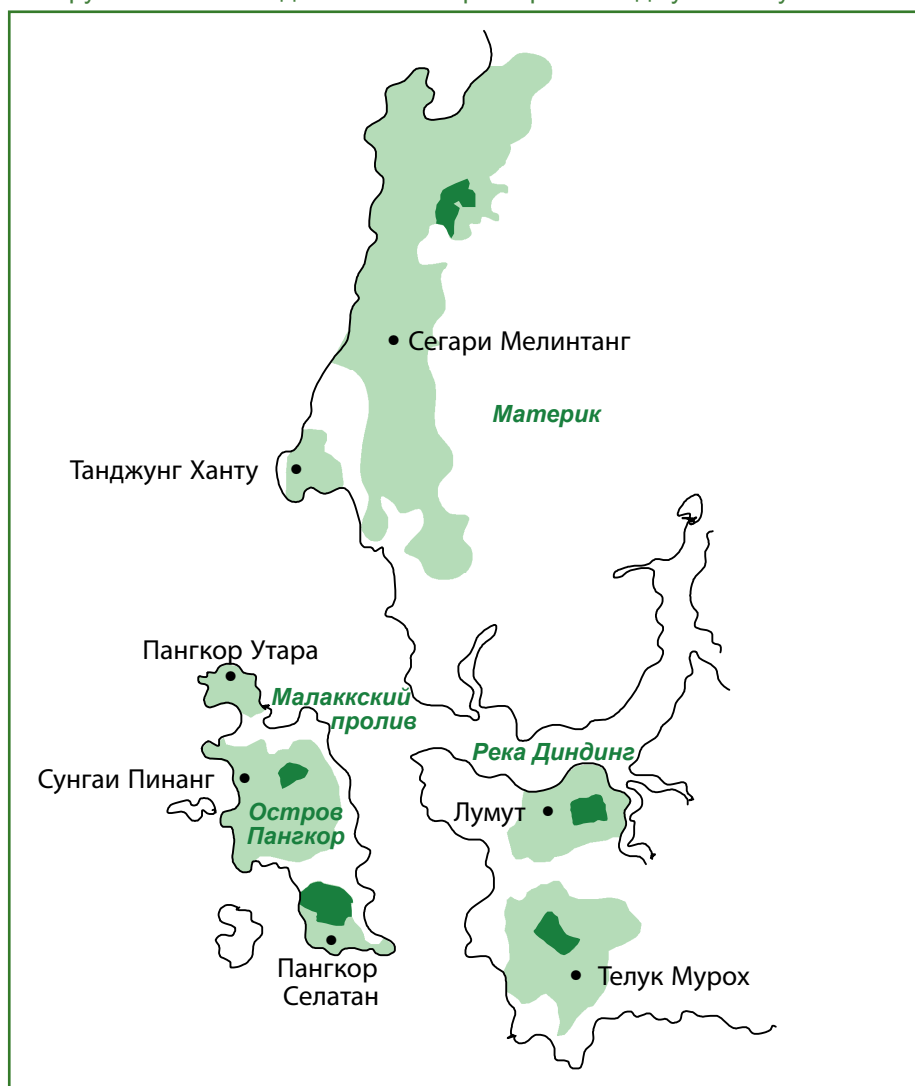
¹ www.iucnredlist.org/info/categories_criteria1994#categories

с помощью бинокля. Период от конца цветения до опадения зрелых плодов составил примерно 10 недель, а от бутонизации до опадения зрелых плодов – около 16 недель. Диаметр ствола цветущих деревьев на высоте груди варьировался от 31 до 110 см, что означает, что деревья с >30 см диаметром ствола на высоте груди могут быть определены как репродуктивные. Распространение семян происходит под действием силы тяжести, ему способствуют крылья семян. Семена могут также распространяться животными - потребителями семян. Плоды потребляются в больших количествах, большинство из опавших зрелых семян идут в пищу мелким млекопитающим (например, белкам, крысам). Семена диптерокарповых, как правило, имеют недолгую жизнеспособность, что делает обычное хранение их непрактичным.

Распространение

Сообщается, что *S. lumutensis* ограничен западной частью полуостровной Малайзии (район Манджунг). Предыдущие сообщения о произрастании этого вида на северо-западе Джохора на полуостровной Малайзии, оказались недействительными – это был *S. inappendiculata*. До сих пор не известно наверняка, произрастает ли вид на острове Каримун и на восточном побережье Суматры, собранные образцы могут относиться либо к этому виду, либо

Рисунок 1. Расположение пяти лесных заповедников в полуостровной Малайзии, где встречается *Shorea lumutensis*. На территории каждого заповедника темные участки демонстрируют места наибольшего скопления деревьев *S. lumutensis*. Обратите внимание: эти деревья не были обнаружены в заповедниках Пангкор Утара и Танджунг Ханту.



к *S. inappendiculata*. *S. lumutensis* представлен в пяти лесных заповедниках (Сунгаи Пинанг, Пангкор Селатан, Сегари Мелинтаг, Лумут, Телук Мурах) и ограничивается площадью примерно около 313 км² (Рисунок 1). Две островные популяции (Сунгаи Пинанг, Пангкор Селатан) отделены от материка проливом Диндинг (около 3 км), и они оказались изолированными от материка многие тысячи лет назад. Между тремя популяциями на материке отсутствует какой-либо отличительный географический барьер в районе заповедников Лумут и Телук Мурах, но заповедник Сегари Мелинтаг отделен от этих двух популяций рекой Манджунг (около 2 км в ширину в этом месте).

При отсутствии данных палеонтологической летописи неизвестно, был ли данный вид более широко распространен в прошлом, чем сегодня. Нынешнее распространение вида может быть связано с физиологическими пределами роста и размножения (т.е. редкость может являться отражением конкретной адаптации деревьев к скудной среде обитания). В лесных заповедниках *S. lumutensis* обычно встречается под пологом деревьев, а также в виде деревьев, возвышающихся над пологом на небольших участках сухого прибрежного диптерокарпового леса на возвышенностях, как правило, на высоте >100 м над уровнем моря. Деревья вида растут на почвах умеренной плодородности, в условиях микроклимата, где обеспечивается достаточный дренаж почвы и не поддерживается постоянно высокий уровень влажности почвы. Изредка встречаются изолированные деревья. Пространственно скученное распространение вида тесно связано с местной топографической изменчивостью, при которой вид широко распространен на гребнях и верхних частях склонах гор, и отсутствует в нижних частях склонов и долинах. Хребты и верхние склоны гор, вероятно, более сухие, чем нижние части склонов и долины. Кроме того, влияние наклона на текстуру почвы и её способность удерживать воду частично определяет уровни доступных минеральных питательных веществ, а следовательно, пространственное скопление. Таким образом расстояния между сохранившимися популяциями выходит за пределы заповедников (На Рис. 1 указаны основные участки обитания, в Таблице 4 - фактические расстояния).

Использование и потенциальная ценность

Несмотря на то, что древесина классифицируется как Балау (тяжелая диптерокарповая порода дерева), лесообрабатывающие предприятия в районе Диндинг отказываются обрабатывать её. Вряд ли для этого существуют какие-либо основания, помимо местных предрассудков. Хотя туризм представляет угрозу для заповедников на острове Пангкор, инициативы по экотуризму, напрямую связанные с заповедниками, могут также предложить возможности для сохранения и связанного с ним образования в отношении *S. lumutensis* и других исчезающих видов.

Результаты полевых испытаний

В естественных лесах распределение деревьев вида по диаметру стволов демонстрирует типичную обратную J-образную кривую, указывая на обильное возобновление и гибель (75 деревьев погибают за 3 года; Таблица 1) только в рядах самосев/молодняк, и медленные темпы роста в классах с небольшим диаметром стволов. Деревья среднего размера составляют 1,7% от 416 особей, выявленных на участке в 5 га, в сравнении с 8,2% крупных деревьев. Полученные результаты свидетельствуют о том, что популяция находится под угрозой сокращения, хотя это может быть и результатом естественного медленного темпа роста, который ведет к более медленному переходу между классами меньшего размера. Опыт посадки данного вида является ограниченным. Высота двухлетних саженцев, полученных от трех маточных деревьев, составила от 5 до 62 см, диаметр – от 1 до 8 мм на высоте земной поверхности (почвы).

Таблица 1. Краткосрочная динамика популяций *S. lumutensis* в течение 3 лет (2001-2004 г.г.) на участке в 5 га в заповеднике Сунгаи Пинанг (в скобках указано стандартное отклонение)

Класс по диаметру на высоте груди, см	Кол-во деревьев, шт.	% гибели	Средний показатель увеличения диаметра, мм год ⁻¹	Максимальный показатель роста, мм год ⁻¹
1-5	342	22	0,3 (0,5)	1,3
6-10	14	8	0,7 (0,7)	2,3
11-20	7	0	1,4 (1,1)	3,7
21-30	19	0	1,6 (1,2)	3,7
>31	34	0	2,4 (1,9)	6,3

Статус сохранения

Вид, вероятно, вымрет, если не будут предприняты какие-либо действия по его сохранению. Известны только следующие пять популяций *S. lumutensis*, которые, возможно, включают не более 500 крупных особей (>30 см в диаметре стволов на высоте груди): Сунгаи Пинанг - примерно 100 особей; Пангкор Селатан - примерно 50 особей или меньше; Сегари Мелинтаг - примерно 120 особей; Лумут - примерно 90 особей; Телук Мурах - примерно 100 особей). Важно отметить, что эти оценки ограничиваются исследованиями участков леса и возможно наличие других популяций за пределами района исследований. Цифры, представленные в исследованиях, превышают первоначальные данные, приведенные в оценке МСОП (см. раздел «Введение»). Хотя число крупных деревьев было небольшим в каждой из популяций, все больше молодняка и самосева произрастает вокруг больших деревьев в каждой популяции. Плотность популяции *S. lumutensis* (4,4 деревьев на га⁻¹) выше, чем *S. leprosula*, типичного и широко распространенного диптерокарпового дерева в полуостровной Малайзии (3,3 деревьев на га⁻¹). Таким образом, *S. lumutensis* может классифицироваться, как типичный вид на местном уровне, но встречающийся лишь в нескольких местах.

Ниже приведены основные угрозы для существующих популяций: лесозаготовительная деятельность (Сегари Мелинтаг), добыча камня в карьере, пальмовые плантации по переработке масла (Лумут, Телук Мурах), а также освоение земельных участков для туризма (Пангкор Селатан, Сунгаи Пинанг). Расположение основных районов популяций *S. lumutensis* на участках, граничащих с заповедниками, само по себе повышает угрозу исчезновения этого вида. В отношении вида отсутствуют сообщения о болезнях, но отсутствие исследований не позволяет заявлять об этом наверняка.

Генетическая изменчивость в естественных популяциях

Были отобраны образцы в пяти популяциях, представляющих весь естественный ареал *S. lumutensis* (Рисунок 1, Таблица 2). В каждой популяции был проведен анализ листового материала 40-48 взрослых деревьев (>20 см в диаметре ствола на высоте груди) по маркерам восьми полиморфных микросателлитных локусов (SSR) (в таблице 4 приведены частоты аллелей по шести локусам). По каждой популяции были проведены расчеты стандартных показателей генетического разнообразия, в том числе, среднее число аллелей на локус (A), аллельная насыщенность (R_s), ожидаемая гетерозиготность (H_e) и индекс фиксации (F_{IS}). Несмотря на его ограничен-

ный ареал, вид демонстрирует удивительно высокий уровень генетического разнообразия (Таблица 2), сопоставимый с другими диптерокарповыми (например, *S. leprosula*, *S. ovalis*, *S. curtisii*, *S. macroptera*). Аллельная насыщенность варьируется от 5,7 (Лумут) до 6,3 (Сегари Мелинганг), а гетерозиготность (также известная, как генетическое разнообразие) от 0,609 (Сунгаи Пинанг) до 0,673 (Сегари Мелинганг). Значения индекса фиксации оказались положительными ($F_{is} > 0,1$; Таблица 2) во всех популяциях, что указывает на избыток гомозигот и инбридинга. Размеры популяций, вероятно, остаются достаточно крупными, чтобы поддерживать высокий уровень генетического разнообразия в пределах отдельных из них.

Таблица 2. Генетическое разнообразие в популяциях *S. lumutensis* в восьми микросателлитных локусах (в скобках указано стандартное отклонение)

Популяция	Размер выборки, дер. шт.	Среднее кол-во аллелей на локус, A	Аллельная насыщенность, R_s	Средний показатель гетерозиготности, H_e	Индекс фиксации, F_{is}
1) Сегари Мелинганг	48	7,9 (1,9)	6,3 (1,3)	0,673 (0,058)	0,109
2) Лумут	40	6,6 (1,4)	5,7 (1,2)	0,636 (0,074)	0,156
3) Телук Мурах	48	7,0 (1,5)	6,0 (1,1)	0,661 (0,052)	0,194
4) Сунгаи Пинанг	47	7,4 (1,8)	6,0 (1,4)	0,609 (0,082)	0,130
5) Пангкор Селатан	48	8,1 (1,7)	6,1 (1,1)	0,663 (0,077)	0,128
Среднее значение	46	7,4 (0,6)	6,0 (0,2)	0,648 (0,026)	0,143

При иерархическом кластерном анализе популяций с использованием генетического расстояния Неи между парами популяций выделено три группы: Лумут/Телук Мурах, Сунгаи Пинанг/Пангкор Селатан и Сегари Мелинганг в качестве островного леса (Рисунок 2). Кластеры продемонстрировали географические связи в соответствии с моделью «изоляции расстоянием», так что географически близкие популяции образуют группы. Тем не менее, статистическая поддержка этих кластеров была очень низкой (бутстреп поддержка <10%), при только 5,8% генетического разнообразия, распределенного среди популяций (т.е. внутри популяций содержалась большая часть генетического разнообразия), демонстрируя недостаточность свидетельств дифференциации популяций.

Таблица 3. Географическое расстояние (выше диагонали) по пяти популяциям *S. lumutensis*, км.

Популяция	1) SM	2) LU	3) TM	4) SP	5) PS
1) Сегари Мелинганг (SM)	-	15,9	19,2	15,9	18,9
2) Лумут (LU)		-	2,6	7,5	6,6
3) Телук Мурах (TM)			-	8,0	5,1
4) Сунгаи Пинанг (SP)				-	3,3
5) Пангкор Селатан (PS)					-

Таблица 4. Частота аллелей в шести локусах в пяти естественных популяциях* *Shorea lumutensis* (частота - = 0,000)

Локус	Аллель	1) SM	2) LU	3) TM	4) SP	5) PS
Slu057	110	0,143	0,176	0,121	0,179	0,250
	112	0,614	0,649	0,621	0,641	0,396
	114	0,186	0,122	0,258	0,154	0,219
	116	0,029	-	-	-	0,094
	117	0,029	-	-	-	-
	118	-	-	-	-	0,010
	121	-	0,054	-	-	-
	122	-	-	-	-	0,021
	123	-	-	-	0,013	-
	124	-	-	-	-	0,010
Slu110	220	0,103	-	-	0,030	0,031
	222	0,382	0,541	0,781	0,588	0,417
	224	0,485	0,459	0,219	0,368	0,552
	235	-	-	-	0,014	-
	247	0,029	-	-	-	-
Slu124	129	0,028	-	-	-	-
	131	-	-	0,024	-	-
	133	0,083	-	0,146	0,039	0,021
	135	0,097	0,038	-	0,066	0,125
	137	0,458	0,526	0,524	0,421	0,177
	138	0,014	-	-	-	0,042
	140	0,014	-	-	-	0,031
	141	0,028	0,090	-	0,066	0,010
	143	0,014	0,026	-	0,053	0,010
	145	0,014	0,026	-	0,013	-
	147	-	0,013	-	-	-
	149	-	-	-	-	0,010
	153	0,236	0,090	0,073	0,145	0,135
	154	-	-	-	0,026	0,031
	155	-	0,038	0,110	0,105	0,365
	159	-	-	-	-	0,010
	160	-	-	-	-	0,010
	162	-	-	0,012	-	-
163	-	-	-	-	0,021	
165	-	0,141	0,085	0,066	-	
167	0,014	-	0,024	-	-	
168	-	0,013	-	-	-	

Таблица 4. Продолжение

Локус	Алель	1) SM	2) LU	3) TM	4) SP	5) PS
Slu175	220	0,758	0,875	0,400	0,890	0,895
	221	-	0,013	0,314	-	-
	223	-	0,013	0,114	-	0,023
	226	0,242	0,100	0,143	0,110	0,047
	228	-	-	0,029	-	0,012
	240	-	-	-	-	0,023
Sle111a	147	0,020	-	-	-	-
	148		-	-	0,013	-
	149	0,100	0,237	0,154	0,179	0,281
	150	0,020	-	-	-	0,010
	151	0,120	-	-	-	-
	155	0,060	0,053	0,019	0,013	0,010
	156	0,100	0,092	0,058	0,090	0,156
	157	0,560	0,461	0,635	0,513	0,469
	158	-	0,132	0,058	0,167	0,073
	159	0,020	-	-	-	-
	160	-	-	-	0,026	-
	161	-	-	0,038	-	-
	163	-	0,026	0,038	-	-
Sle267	108	0,016	-	-	--	-
	116	0,203	0,117	0,069	0,147	0,064
	118	-	-	-	0,015	0,106
	120	0,016	0,100	0,167	0,074	0,043
	122	0,078	-	-	-	-
	124	-	-	-	0,015	-
	126	0,234	0,167	0,306	0,397	0,255
	128	-	0,050	0,083	-	0,074
	130	-	0,017	0,069	0,118	0,298
	132	0,063	0,250	0,069	0,221	0,053
	134	0,281	0,250	0,097	-	0,011
	136	0,063	-		-	0,043
	138		-	0,056	-	-
	146	0,016	0,017	0,028	-	-
	148	-	0,033	0,042	0,015	-
	149	-	-	0,014	-	-
150	-	-	-	-	0,053	
152	0,031	-	-	-	-	

*SM - Сегари Мелинтаг, LU - Лумут, TM- Телук Мурах, SP - Сунгаи Пинанг, PS - Пангкор Селатан.

Рисунок 2. Древовидная диаграмма генетического сходства между пятью популяциями *Shorea lumutensis* (% значения бутстреп веток представлен на основе 1000 аутореplikаций).

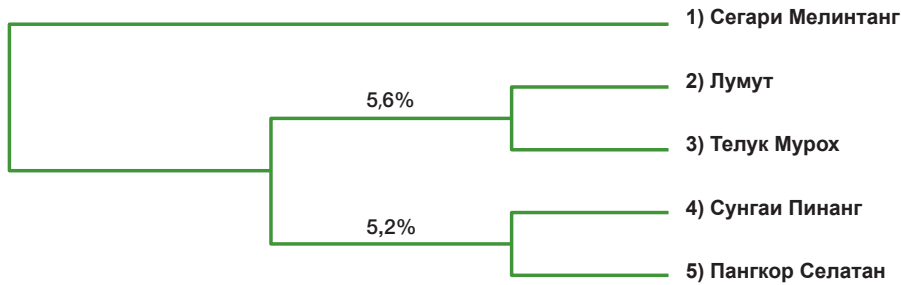
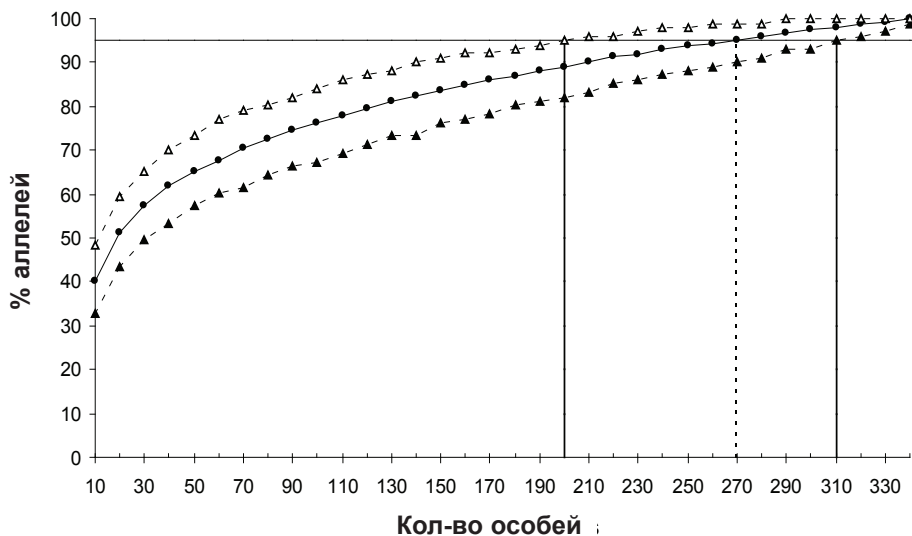


Таблица 5. Краткая информация о системе скрещиваний, определении отцовства и параметры группы скрещивания для четырех открыто опыляемых семей *Shorea lumutensis* в Сунгаи Пинанг (в скобках указано стандартное отклонение).

Кол-во деревьев	Кол-во семян	Система скрещиваний и определение отцовства			Параметр группы скрещивания	
		% семян, обусловленных аутокроссингом	% семян от опыления из внешнего участка	Средняя дальность потока аутокросс пыльцы/м	Размер/ особь	Площадь/га
V004	38	22,2	11,1	122,0 (0,0)	70	16,0
V005	50	92,0	24,0	220,0 (120,2)	47	10,7
V026	44	61,4	13,6	138,4 (28,3)	45	10,3
V385	50	78,0	16,0	220,3 (78,5)	44	10,1
Среднее значение	45,5	63,4 (15,1)	16,2 (2,8)	175,2 (26,2)	52 (6)	11,8 (1,4)

Рисунок 3. Моделирование изменения в % аллелей, поддерживаемых изменениями в количестве ликвидированных особей *Shorea lumutensis*. Значения основаны на 1000 повторных выборках со стандартными ошибками (пунктирные линии).



S. lumutensis характеризуется смешанной системой скрещиваний (опыления) (Таблица 5, средний показатель ауткроссинга 63,4%). Между четырьмя деревьями, участвовавшими в выборке был отмечен значительный разброс (22-92%), а также отсутствуют какие-либо свидетельства наличия апомиксиса. Наименее приспособленные семена, произведенные в результате самоопыления, вполне могут быть ликвидированы во время начальной стадии прорастания / укоренения, когда гибель находится на высоком уровне (Таблица 1). Поток пыльцы имеет среднюю интенсивность, средние расстояния варьируются от 122 до 220 м (Таблица 5).

Деревья с наибольшим уровнем ауткроссинга и получения пыльцы от множества отдаленных отцовских деревьев, производили крупные семена с большей вероятностью их прорастания и укоренения сеянцев. На основе анализа расстояний потока пыльцы и плотности деревьев *S. lumutensis*, средний размер группы скрещивания и его площадь оцениваются в 52 дерева и 11,8 га, соответственно. Моделирование демонстрирует, что минимальный размер популяции для поддержания текущего уровня генетического разнообразия (95% аллелей) составляет 270 деревьев (200-310 деревьев; Рисунок 3).

Малайзия – исходная информация

- Площадь: 330 000 км². Высота над уровнем моря: от уровня моря до 4095 м.
- Население: 26 600 000 человек. 33% населения проживает в сельской местности, 15,5% населения проживает за чертой бедности.
- ВВП: 5859 долларов США на душу населения. Уровень доходов находится, в основном, ниже среднемирового показателя. Ситуация ухудшается в сельской местности, где доходы >80% населения не удовлетворяют их основные потребности (данные на 1993 год).
- Площадь территории, определяемой как лес: 208 900 км², то есть 63,6% от общей площади.
- За 15 летний период, с 1990 по 2005 г., площадь лесного покрова сократилась на 14 900 км² (0,4% в год).
- Основными причинами обезлесения являются: мигрирующее сельское хозяйство, масштабный выпас крупного рогатого скота, развитие животноводства и пастбищных угодий, чрезмерное использование деревьев для производства древесного топлива, а также лесные пожары, которые наносят ущерб 20 000 га ежегодно.

Лесное законодательство

В федеральной системе управления Малайзии земли/лес находятся под ответственностью государства, но каждый штат имеет право принимать законы и формировать политику самостоятельно. То есть, назначение и изменение лесного фонда/районов сохранения зависимы от законодательства каждого штата. Власть федерального правительства распространяется только на предоставление консультативного/технического содействия штатам, а также на проведение научных исследований. Такое разделение полномочий представляет собой проблему для обеспечения согласованной реализации национальной политики по лесам. В 1978 году Национальный лесной совет (в состав которого входят главные министры всех штатов, министры лесного хозяйства, сельского хозяйства, окружающей среды и торговли) был одобрен в качестве форума для федерального правительства/правительств штатов для обсуждения проблем лесного хозяйства. Он играет важную роль в стимулировании принятия федеральных законов на государственном уровне. Национальная лесная стратегия (1978 г.) и Национальный лесной закон (1984 г.) предоставляют основу для управления, развития и сохранения лесных ресурсов. Исправления, внесенные в 1992-1993 гг., демонстрируют существенные изменения в управлении лесами, от устойчивого сбора древесины до устойчивого управления множеством функций

лесов, со стремлением сбалансировать экологические, социальные и экономические функции. Другие федеральные законы дополняют национальный Закон о лесном хозяйстве (например, Закон о воде 1920 года определяет Рекомендации по поддержанию прибрежных полос, Закон об охране земли от 1960 года, Национальный Земельный кодекс 1965 года, Закон о защите дикой природы от 1972 года – предоставляют нормативно-правовую основу для защиты исчезающих видов, а также Закон о Национальных парках от 1980 г.). Некоторые государственные органы власти также располагают собственной политикой в отношении лесов. Национальная политика в области биологического разнообразия от 1998 года направлена на усиление сохранения флоры и фауны Малайзии. При мультисекторном участии (Министерство добывающей промышленности, Министерство сельского хозяйства, Департамент дикой природы, национальных парков и рыболовства), она включает в себя стратегии сохранения биологического разнообразия и устойчивого использования биологических ресурсов для обеспечения долгосрочных экономических выгод, продовольственной безопасности и экологической стабильности.

Институциональная структура

Научно-исследовательский институт лесов Малайзии (FRIM), Департаменты лесного хозяйства полуостровной Малайзии - Сабах и Саравак, Комитет лесной промышленности Малайзии и Малазийский совет по лесоматериалам принимают непосредственное участие в руководстве, управлении, научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках в лесном секторе. Все они подчиняются Министерству добывающей промышленности. Другие центры осуществляют научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (например, Научно-исследовательский центр лесов в Сандакане - Сабах, Отдел исследования древесины и Технический центр/Отдел лесохозяйственных исследований Саравакского Департамента лесного хозяйства, Саравакская корпорация развития лесной промышленности, факультет лесного хозяйства в Университете Путра, Малайзия). НПО (например, Общество охраны окружающей среды Малайзии, Малазийское Общество Природы, WWF, Сахабат Алам Малайзия) принимают активное участие в вопросах, связанных с сохранением биологического разнообразия и его устойчивого использования (например, в политике, законодательстве, программах по повышению информированности).

Использование лесных ресурсов

Леса Малайзии выполняют множество функций, в значительной степени способствуя ее социально-экономическому развитию. Они, как правило, связаны с заготовкой древесины, недревесных лесных ресурсов (ротанг, бамбук, фрукты, овощи, пряности, лекарственные растения, декоративные растения), местами обитания диких животных, а также услугами, например, вода, отдых. В 2001 году доход от лесов в полуостровной Малайзии составил 69,7 млн. долларов США, а производство бревен – 4150 тысяч м³. В том же году экспорт основных древесных продуктов (то есть бревна, пиломатериалы, фанера, шпон) составил на сумму в общей сложности 2,3 млрд. долларов США, при этом в государственном секторе лесного хозяйства были заняты 196 612 человек, а в частном секторе лесного хозяйства – 185 891. В настоящее время одной из приоритетных задач является расширение базы лесных ресурсов и, следовательно, ожидается существенный рост занятости за счет интенсивного лесопользования, развития/создания быстрорастущих лесонасаждений, а также модернизации лесной промышленности – все это нацелено на производство продуктов с высокой добавленной стоимостью. Как ожидается, сектор лесного хозяйства продолжит генерировать значительные доходы для федерального правительства и правительств штатов. Леса также играют важную роль в поддержании климатической/экологической стабильности, сохранении ценного биологического разнообразия и управлении водными ресурсами.

Управление лесным хозяйством и лесозаготовительная деятельность

Для целей управления леса в Малайзии подразделяются примерно на три категории: 1) полностью охраняемые территории, находящиеся под Федеральным контролем правительства (Департамент дикой природы и национальных парков), 2) Постоянный лесной фонд (ПЛФ), т.е. лесные заповедники, находящиеся под контролем Департамента лесного хозяйства; 3) Государственные земли – лесные угодья, принадлежащие штатам и, по существу, рассматриваемые, в качестве земельного фонда под освоение. В рамках национальной политики лесного хозяйства территории ПЛФ должны быть стратегически расположены, а в соответствии с измененным Законом о лесном хозяйстве от 1984 года (с поправками от 1993 г.), они подразделяются на функциональные классы, т. е. леса для: устойчивого производства древесины, защиты почв, мелиорации почв, защиты от наводнений, водосбора, заповедников живой природы, заповедников девственных джунглей, благоустройства, образования, научных исследований, а также для федеральных целей.

В полуостровной Малайзии производство древесины в ПЛФ управляется согласно двум системам – одноприёмных лесовосстановительных рубок (MUS) с 55-летним циклом рубки и избирательной системе управления (SMS) с 30-летним циклом рубки. При MUS, осуществляется единая валка всех годных к рубке деревьев всех видов, диаметр которых на высоте груди >45 см. Любые крупные деревья, оставленные из-за дефектов или низкой рыночной стоимости, удаляются кольцеванием с нанесением ядохимикатов. Следующее поколение насаждения развивается из семян, и, следовательно, оно одного (близкого) возраста, с большей долей коммерческих видов. Хотя MUS не ведет к экологической деградации, она не ориентирована на сохранение генетических ресурсов, так как в формировании следующего насаждения она полагается в основном на сеянцы/молодняк. Лесокультурные мероприятия оказывают благоприятное воздействие на эти группы. Такие мероприятия, как правило, приводят к более интенсивному кольцеванию с нанесением ядохимикатов, чем требуется, а в некоторых случаях чрезмерно открывают полог. Таким образом, акцент сместился с сеянцев/молодняка к предварительному естественному лесовозобновлению с более разборчивым использованием кольцевания с нанесением ядохимикатов и более консервативными лесокультурными мероприятиями, таким образом, сохраняя лесные генетические ресурсы. Эта система успешно применяется в низменных диптерокарповых лесах, но не подходит для диптерокарповых лесов на возвышенностях из-за более сложного рельефа, неоднородной плотности насаждений, отсутствия естественного возобновления, риска эрозии на крутых склонах и случаев вторичного роста вследствие естественного открытия полога. SMS была введена для диптерокарповых лесов на возвышенностях в полуостровной Малайзии. Она осуществляется избирательным удалением готовых к рубке деревьев в ходе единичной операции на основе данных инвентаризации. Это позволяет достичь более гибких режимов лесозаготовительной деятельности с акцентом на предварительное естественное возобновление деревьев с диаметром ствола 15-45 см на высоте груди. Она предотвращает использование метода кольцевания с нанесением ядохимикатов на деревьях некоммерческих видов, таким образом сохраняя генетические ресурсы лесов.

Вырубка избирательная, разница в предельных значениях диаметра деревьев на высоте груди для определения годности к рубке, составляющая, по крайней мере, 5 см между диптерокарповыми и не диптерокарповыми видами, направлена на сохранение более высокого процента диптерокарповых в следующем насаждении. В дополнение к планам управления лесным хозяйством и лесозаготовительной деятельности были приняты руководящие рекомендации, акцентирующие особое внимание на экологических мерах.

С 1993 года функционирует Система непрерывного мониторинга лесных ресурсов полуостровной Малайзии, включающая интегрированную систему дистанционного сбора данных, ГИС и данных полевых исследований. Были также внедрены методы, направленные на сокращение ущерба в ходе лесозаготовки в лесных насаждениях. В последние годы усилились исследования в области технологий щадящих лесозаготовок (RIL) и лесозаготовок с низким уровнем воздействия, при этом Сабах разрабатывает стандарты и рекомендации для RIL операций.

Малазийские критерии и показатели устойчивого управления лесным хозяйством (SFM) и сертификация древесины

В Малайзии, которая является членом международной организации по тропической древесине (ИТТО), были приняты рекомендации и критерии оценки устойчивого управления лесным хозяйством. В 1994 году также создан национальный комитет для обеспечения полного выполнения критериев и показателей ИТТО. Национальный комитет сформулировал критерии и показатели Малайзии по устойчивому управлению лесным хозяйством на национальном уровне и уровне группы управления лесным хозяйством (ГУЛХ), с многочисленными деталями, которые учитывают последние события в лесном хозяйстве. Комитет технического мониторинга отслеживает в полуостровной Малайзии выполнение всех мероприятий, проводимых Департаментами лесного хозяйства каждого штата. Чтобы усилить меры, направленные на устойчивое управление лесным хозяйством, Федеральное правительство создало Малазийский совет по сертификации древесины (МТСС) - независимый национальный орган сертификации и аккредитации. В 2003 году МТСС сертифицировал (Паханг, Селангор, Теренггану) и выдал сертификаты поставки древесины 29 компаниям в Малайзии. В последнее время МТСС присоединился к Общеввропейскому совету лесной сертификации, стремясь к схеме лесной сертификации общей для АСЕАН.

Управление и сохранение генетических ресурсов лесов

Точное число видов растений в лесах Малайзии не известно, хотя согласно последним оценкам оно составило примерно 15 000 видов. Древесная флора включает почти 2830 видов растений в полуостровной Малайзии, из которых 746 являются эндемичными, а 511 находятся под угрозой исчезновения (в том числе *S. lumutensis*), поскольку среды их обитания находятся под угрозой. Более 1300 видов растений зарегистрировано в качестве имеющих фармацевтические свойства, а некоторые традиционно используются в фитотерапии.

In situ сохранение

Малайзия приняла ряд мер по сохранению биологического разнообразия лесов, в том числе создание сети полностью охраняемых природных территорий (национальных парков, государственных парков, заповедников дикой природы/птичьих заповедников, постоянного лесного фонда). В настоящее время в Малайзии 2,15 млн га земель объявлены или предложены в качестве особо охраняемых природных территорий, из них 0,32 млн га находятся в пределах постоянного лесного фонда. С учетом 3,81 млн га заповедных лесов, общая площадь, предназначенная для охраны составляет 5,96 млн га, то есть 29,5% от общей площади лесов страны.

В полуостровной Малайзии расположено 40 полностью охраняемых территорий (ПОТ), общая площадь которых составляет 751 413 га. Национальный парк Таман Негара является крупнейшим из всех ПОТ в полуостровной Малайзии (434 351 га). Он охватывает три штата - Паханг, Келантан и Тренгану. Парк представляет флору центральной полуостровной Малайзии вместе с заповедниками Краун, Сунгкаи и Сунгаи Дусун. Национальный парк Эндау-Ромпин (Джохор) и заповедник дикой природы Эндау-Ромпин (Паханг)

представляют южную флору, а государственные парки Перлис и предлагаемый к выделению Белум образуют непрерывную связь с муссонными лесами Таиланда и Мьянмы. Были созданы сто двадцать заповедников нетронутых джунглей охватывающие 111 800 га, которые служат: 1) постоянными заповедниками и природными дендрариями; 2) контрольными участками для сравнения с лесами, подлежащими рубке, а также, в которых осуществляются лесокультурные мероприятия; 3) нетронутыми природными лесами для экологических и ботанических исследований. Заповедники нетронутых джунглей представляют образцы различных типов девственных лесов (например, мангровый лес, верещатниковый лес, леса торфяных болот, пойменный диптерокарповый лес, диптерокарповый лес на возвышенностях, горный диптерокарповый лес). В Малайзии также созданы два района генетических ресурсов: в лесном заповеднике Улу Седили в Джохоре (4806 га) и лесном заповеднике Семенгох (Саравак). Первоначально они были нацелены на сохранение генетических ресурсов 8 и 14 коммерческих видов, соответственно, а в настоящий момент ведутся исследования с целью определения дополнительных видов. Осуществляется *in situ* сохранение *Agathis borneensis*, *Aquilaria malaccensis*, *Calamus manan*, *Dryobalanops aromatica*, *Neobalanocarpus heimii*, *Nepenthes hamulatum*, *Rafflesia* sp., *Shorea curtisii*, *S. glauca*, *S. hemsleyana*, *S. macrophylla*, *S. splendida* и *S. stenoptera*.

Ex situ сохранение

Ex situ сохранение может представлять значение при долгосрочном сохранении генетических ресурсов для будущих программ разведения или повторного введения видов в дикую природу. В Малайзии большинство исследований было направлено на улучшение сельскохозяйственных культур, и только небольшое их число - на сохранение генетических ресурсов лесных видов растений. Крупнейшие группы видов лесных растений в рамках *ex situ* сохранения представляют орхидеи (1639 видов), плодовые деревья (434 вида), строевые деревья (364 вида) и лекарственные растения (115 видов). Объем *ex situ* сохранения большинства видов составляет по <10 образцов (за исключением *Anisoptera costata*, *Casuarina equisetifolia*, *Dryobalanops aromatica*, *D. oblongifolia*, *Durio* sp., *Dyera costulata*, *Eusideroxylon zwageri*, *Garcinia* sp., *Hopea odorata*, *Intsia palembanica*, *Metroxylon rumphii*, *Neobalanocarpus heimii*, *Nepenthes* sp., *Nephelium* sp., *Rafflesia* sp., *Shorea macrophylla*, *S. pauciflora*, *S. splendida* и *S. stenoptera*). В Малайзии находится 26 зон *ex situ* сохранения, в основном, в дендрариях научно-исследовательских институтов, университетов и государственных учреждений. Научно-исследовательский институт лесов Малайзии (FRIM), Малазийский комитет по пальмовому маслу, Малазийский комитет по каучуку и Малазийский институт сельскохозяйственных исследований и развития имеют дендрарии различных групп диких видов (например, в дендрарии FRIM произрастают >500 видов лесных растений, в том числе 150 видов диптерокарповых). Ботанический сад Пенанга является старейшим объектом *ex situ* сохранения в Малайзии, но в последнее время в нем проводится мало исследований. Его основными функциями стали образование, отдых и туризм.

FRIM развивает Национальный ботанический сад (Ботанический сад в Кепонг) при участии федерального правительства и поддержке частных организаций. Также планируется создание двух других ботанических садов в Путраджае и Сунгаи Булух. Генетические банки семян не подходят для многих малазийских лесных видов, так как большинство из них дают семена, которые не могут долго храниться. Изучение и использование криогенного метода и метода лабораторного долговременного *ex situ* сохранения привело к успешной криоконсервации *Bambusa arundinacea*, *Dendrocalamus membranaceus*, *D. brandisii*, *Dipterocarpus alatus*, *D. intricatus*, *Pterocarpus indicus* и *Thyrsostachys siamensis*. Культура тканей изучалась по *Hopea odorata*, *Shorea leprosula*, *S. macrophylla*, *S. ovalis* и *S. parvifolia*.

Определение национальных приоритетов

В Малайзии приоритетными считаются сто пять видов (*S. lumutensis* в их число не входит), и, в основном, это популярные древесные породы, используемые для лесонасаждений (например, *Azadirachta excelsa*, *Khaya ivorensis*, *Tectona grandis*, *Dyera costulata*), популярные лекарственные растения (например, *Eurycoma longifolia*, *Labisia pumila*) и ценные древесные породы (например, *Neobalanocarpus heimii*, *Eusideroxylon zwageri*). Некоторые популярные древесные породы являются экзотическими, они использованы в Малайзии для лесонасаждений (например, *K. ivorensis*, *Melaleuca cajuputi*, *T. grandis*). Кроме того, в список входят местные древесные породы, которые в настоящее время не популярны в насаждениях (например, *Shorea glauca*, *S. curtisii*, *S. platyclados*), лекарственные растения, имеющие явный потенциал для использования (например, *Andrographis paniculata*, *Calophyllum lanigerum* var. *austrororiaceum*, *Goniothalamus velutinus*), агролесоводческие виды (например, *Calamus* sp.), декоративные (например, *Cycas* sp., *Nepenthes* sp.), плодовые деревья (например, *Nephelium* sp., *Durio* sp.) и мангровые (например, *Avicennia alba*, *Sonneratia alba*).

Лесонасаждения

В целях улучшения будущего обеспечения лесоматериалами и сокращения давления на естественные леса, к 2000 году в полуостровной Малайзии созданы 240 000 га насаждений (включая виды *Araucaria* sp. *Acacia mangium*, *Durio zibethinus*, *Gmelina arborea*, *Paraserianthes falcataria*, *Pinus caribaea*, *P. merkusii*, *Tectona grandis*, *Shorea macrophylla*). Насаждения будут расширяться, в частности, в штатах Саравак и Сабах, а уже созданные Департаментом лесного хозяйства в полуостровной Малайзии будут приватизированы. Для стимулирования инвестиций частного сектора в лесонасаждения предоставляется полное освобождение от налогов на десять лет.

Недревесная продукция леса

Помимо производства древесины, стратегии в настоящее время направлены на развитие недревесной продукции леса, услуг леса и агролесоводства, чтобы максимально увеличить доход инвесторов и диверсифицировать лесной сектор. Агролесоводство поддерживается с целью решения вопроса растущего дефицита земли и сырья. Оно предоставляет возможность возделывания более широкого ряда сельскохозяйственных культур вместе с лесными древесными породами, тем самым оптимизируя использование земли и повышая доходы. Кроме того, оказывается поддержка развитию биотехнологической продукции, получению природных химических веществ из биологических ресурсов леса, использованию лесной биомассы для производства чистого топлива, а также разработке получения генно-инженерной продукции на основе флоры. Диверсификация продукции лесного хозяйства будет генерировать рост доходов, некоторая часть которых может быть инвестирована обратно в сектор, делая устойчивое управление лесным хозяйством более жизнеспособным.

Источники информации

Данное исследование основывается на работе доктора С.Л. Ли (Научно-исследовательский институт лесов Малайзии) и соавторов:

Lee SL, Ng KKS, Saw LG, Lee CT, Norwati M, Tani N, Tsumura Y, Koskela J. 2006. Linking the gaps between conservation research and conservation management of rare dipterocarps: a case study of *Shorea lumutensis* [Создание связей между научно-исследовательской деятельностью в области сохранения и управлением сохранением редких диптерокарповых: Изучение конкретного примера *Shorea lumutensis*]. *Biological Conservation* 131: 72-92.

Lee SL, Krishnapillay B. 2004. Country reports on the status of forest genetic resources conservation and management in Malaysia [Страновые отчеты о состоянии сохранения и управления лесными генетическими ресурсами в Малайзии]. In: Luoma-aho T, Hong LT, Ramanatha Rao V, Sim HC, editors. Proceedings of the APFORGEN Inception Workshop, July, 2003, Kuala Lumpur. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp. 206-228.

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