



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

СОХРАНИТЬ И ПРИУМНОЖИТЬ НА ПРАКТИКЕ

КУКУРУЗА РИС ПШЕНИЦА

РУКОВОДСТВО ПО УСТОЙЧИВОМУ
ПРОИЗВОДСТВУ ЗЕРНОВЫХ



В настоящем руководстве описано практическое применение предложенной ФАО модели устойчивой интенсификации растениеводства “Сохранить и приумножить” к возделыванию кукурузы, риса и пшеницы – культур, имеющих ключевое значение для продовольственной безопасности в мире. На примерах из опыта стран Азии, Африки и Латинской Америки в книге показано, как ведение сельского хозяйства на основе экосистем помогает мелким фермерам увеличивать урожаи зерновых, укреплять источники средств к существованию, сокращать негативные воздействия на окружающую среду и повышать устойчивость к изменению климата. Руководство послужит ценным справочным источником для руководителей, определяющих политику, и практических работников, занимающихся вопросами развития, в процессе глобального перехода к устойчивому продовольственному обеспечению и сельскому хозяйству.



Сохранить и приумножить
на практике
кукуруза • рис • пшеница

**ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
ПО УСТОЙЧИВОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ЗЕРНОВЫХ**

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
РИМ, 2016

Используемые обозначения и представление материала в настоящем информационном продукте не означают выражения какого-либо мнения со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций относительно правового статуса или уровня развития той или иной страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ или рубежей. Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей, независимо от того, запатентованы они или нет, не означает, что ФАО одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются.

Мнения, выраженные в настоящем информационном продукте, являются мнениями автора (авторов) и не обязательно отражают точку зрения или политику ФАО.

ISBN 978-92-5-408519-3

© ФАО, 2016

ФАО приветствует использование, тиражирование и распространение материала, содержащегося в настоящем информационном продукте. Если не указано иное, этот материал разрешается копировать, скачивать и распечатывать для целей частного изучения, научных исследований и обучения, либо для использования в некоммерческих продуктах или услугах при условии, что ФАО будет надлежащим образом указана в качестве источника и обладателя авторского права, и что при этом никоим образом не предполагается, что ФАО одобряет мнения, продукты или услуги пользователей.

Для получения прав на перевод и адаптацию, а также на перепродажу и другие виды коммерческого использования, следует направить запрос по адресам: www.fao.org/contact-us/licence-request или copyright@fao.org.

Информационные продукты ФАО размещаются на веб-сайте ФАО (www.fao.org/publications); желающие приобрести информационные продукты ФАО могут обращаться по адресу: publications-sales@fao.org.

Содержание

Выражение признательности	iv
Предисловие	v
Краткий обзор	vii
<i>Глава 1</i> Человек и зерно: время возродить древнюю связь	1
<i>Глава 2</i> На пути к устойчивому производству зерновых	17
<i>Глава 3</i> Сельскохозяйственные системы, позволяющие сохранить и приумножить	37
<i>Глава 4</i> Дальнейшие шаги	83
Библиография	99
Сокращения	120
Глоссарий (на обороте задней обложки)	

Выражение признательности

Эта книга создана под руководством Уильяма Мюррея, заместителя директора Отдела растениеводства и защиты растений ФАО. Были использованы рекомендации Клейтона Кампанолы, руководителя программы по достижению стратегической цели «Устойчивое сельское хозяйство», а также технического консультативного совещания «Сохранить и приумножить: кукуруза, рис и пшеница», которое состоялось в штаб-квартире ФАО в Риме 15–17 декабря 2014 года.

Основные авторы

Тимоти Дж. Ривс, Грэм Томас,
Гордон Рамсэй

Заключительное научное редактирование

Шиваджи Пандей

Авторы статей для данной публикации:

Кукуруза Грегори Эдмеадес
(экс-СИММИТ)

Каушал К. Гарг (ИКРИСАТ)

Бхарат Шарма (IWM)

Сухас П. Вани (ИКРИСАТ)

Рис

Роланд Дж. Буреш (МНИИР)

Йонне Роденбург (AfricaRice)

Марко Уоперейс (AfricaRice)

Пшеница

Махмуд Сол (ИКАРДА)

Ханс Браун (СИММИТ)

Вулетав Тадессе (ИКАРДА)

Внешние рецензенты

Джессе Бинамира (Департамент сельского хозяйства, Филиппины), Прем Биндрабан (Виртуальный центр исследований проблем удобрений, США), Симоне Борелли (ФАО), Ханс Браун (СИММИТ), Эрик Буш-Петерсен (ФАО/МАГАТЭ), Сандра Корзи (ФАО), Тони Фишер (научный сотрудник CSIRO, Австралия), Теодор Фридрих (ФАО), Радж Гупта (BISA, Индия), М.Л. Джат (СИММИТ), Зейяур Хан (ICRPE, Кения), Гурдев Хуш (Международная премия в области продовольствия, 1996 год), Лесли Липпер (ФАО), Эндрю Мак-Миллан (экс-ФАО), Хариндер Маккар (ФАО), Чикелу Мба (ФАО), Александр Мейбек (ФАО), Джойс Мулила-Митти (ФАО), Патрик Малвэни (Совет по этике в сфере продовольствия, Соединенное Королевство), Ребекка Нелсон (Корнелльский университет, США), Годфри Нзамуджо (Сонгайский центр, Бенин), Родомиро Ортиц (Шведский университет

сельскохозяйственных наук), Иван Ортиц-Монастиери (СИММИТ), Марк Пиплз (CSIRO, Австралия), В.М. Прасанна (СИММИТ), Жюль Претти (Университет Эссекса, Соединенное Королевство), Санджай Раджарам (Международная премия в области продовольствия, 2014 год), Идупулапати Рао (СИАТ), Бхарат Шарма (IWM), Норман Апхофф (Корнелльский университет, США), Стефен Уаддингтон (экс-СИММИТ), Деннис Уичелнс (Университет штата Калифорния, США)

Вклад в подготовку издания внесли

Алмалинда Абубакар (ФАО), Муджахед Ачури (ФАО), Катерина Бателло (ФАО), Арасели Кастро Зунига (ФАО), Иван Круз (EMBRAPA, Бразилия), Свапан Кумар Датта (ИКАР, Индия), Мухаммад Дост (ФАО), Азиз Эль-Бехри (ФАО), Кевин Галлахер (ФАО), Гуальберт Гбехуну (ФАО), Маттиас Холуорт (ФАО), Барбара Херрен (ФАО), Тоби Ходжкин (экс-Байоверсити), Аллан Хруска (ФАО), Люпчо Янкулоски (МАГАТЭ), Сяньпин Цзя (Северовосточный сельскохозяйственный и лесной университет, Китай), Амир Кассам (Университет Рединга, Соединенное Королевство), Муратбек Карабаев (СИММИТ), Ракел Безнер Керр (Корнелльский университет, США), Йозеф Кинзле (ФАО), Самуел Кугбеи (ФАО), Хафиз Муминджанов (ФАО), Альберто Пантойя (ФАО), Юнфань Пяо (ФАО), Адам Пракаш (ФАО), Яшпал Сахарават (ИКАР, Индия), Дерли Пруденте Сантана (EMBRAPA, Бразилия), Уильям Сеттл (ФАО), Брайан Симс (ФАО), Луана Свенссон (ФАО), Кристиан Тирфельдер (СИММИТ), Майкл Тернер (ФАО)

Карты

Карты с обозначением зон мирового производства кукурузы, риса, пшеницы и бобовых подготовили Джон Латэм и Ренато Кумани (ФАО) на основе серий данных по глобальным агроэкологическим зонам, приведенных на информационном портале ФАО-МИПСА:
<http://www.fao.org/nr/gaez>

Дизайн издания: Томас & Сансонетти

Обложка: Джанкарло де Поль

Иллюстрации (Глава 3): Сесилия Санчес

Предисловие

Представим себе изменившийся мир в 2030 году – мир, ставший лучше для наших детей и внуков. Голод и бедность исчезли. Продовольственные системы эффективны и устойчивы. Нашим обществам свойственна инклюзивность, города безопасны, всем труженикам обеспечена достойная работа и наконец достигнуто гендерное равенство.

Такое видение 2030 года запечатлено в Целях в области устойчивого развития (ЦУР) – плане мирового развития, недавно принятом Организацией Объединенных Наций. Достижение этих целей коренным образом зависит от прогресса в сфере сельского хозяйства. Большинство из тех людей в мире, которые страдают от голода и крайней нищеты, проживает в сельских районах и включает в себя миллионы мелких фермеров, несущих на своих плечах бремя нынешних ключевых глобальных изменений, таких как усугубление экономического неравенства, безжалостная деградация экосистем, от которых зависит производство пищевых продуктов, а также ускоряющееся изменение климата, которое угрожает урожаям сельскохозяйственных культур во всем мире.

Достижение ЦУР требует перехода к более продуктивному, инклюзивному и устойчивому сельскохозяйственному производству, которое укрепляло бы источники средств к существованию для сельских жителей и продовольственную безопасность для всех с одновременным сокращением сельскохозяйственных потребностей в природных ресурсах и повышением устойчивости к изменению климата.

Эта книга вносит вклад в построение нужного нам мира. Кукуруза, рис и пшеница имеют основополагающее значение для обеспечения мировой продовольственной безопасности. Несмотря на то что собранный в 2014 году мировой урожай зерновых стал самым обильным за всю историю, его преобладающая часть была выращена лишь в небольшом числе основных производственных регионов, где фермеры платят высокую цену за десятилетия интенсивного монокультурного растениеводства – это деградация почвы, истощение грунтовых вод и выраженное замедление темпов роста урожаев. На обширных территориях развивающихся стран фермерам достается лишь небольшая часть потенциально возможного урожая вследствие ограниченности природных ресурсов и недостаточного доступа к знаниям и технологиям, которые позволили бы повысить производительность их хозяйств. Изменение климата создает дополнительные факторы стресса для зерновых культур, включая повышение температур, рост распространенности вредителей и болезней, учащение засух и наводнений.

Мы должны защитить производство в мировых житницах зерна и риса и повысить урожаи в тех странах, где рост населения требует увеличения объемов производимой продукции. Необходима новая парадигма производства зерновых, которая сочетала бы в себе как высокую продуктивность, так и экологическую устойчивость. Предложенная ФАО модель ведения сельского хозяйства на основе экосистем «Сохранить и приумножить» отвечает этим потребностям, продвигая сельскохозяйственные системы, которые включают ресурсосберегающие методы земледелия, поддержание здоровья почвы, оптимизацию сортов

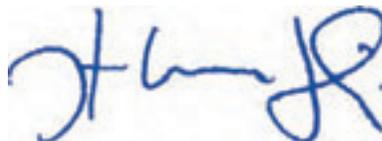
сельскохозяйственных культур, эффективное использование воды и комплексную борьбу с вредителями.

В настоящем практическом руководстве по устойчивому производству зерновых приведен обзор хода внедрения принципов «Сохранить и приумножить» в мелких фермерских хозяйствах развивающихся стран. Затем представлены примеры работающих на этой модели сельскохозяйственных систем, которым удастся производить больше зерна на гектар и получать существенную социальную, экономическую и экологическую выгоду. В этих примерах показано, как благодаря принципам «Сохранить и приумножить» было восстановлено производство в регионах возделывания пшеницы в Индии и Казахстане, где стали давать сбой технологии «зеленой революции», а также была повышена продуктивность низкоресурсных систем выращивания кукурузы, практикуемых фермерами в Центральной Америке и Восточной Африке.

Ряд примеров иллюстрирует преимущества, которые дает интеграция выращивания зерновых с животноводством, рыбоводством и лесоводством. В Азии семейные фермерские хозяйства, практикующие разведение рыб на своих рисовых полях, получают более обильные урожаи риса и повышают питательность своего рациона. В Бразилии система выращивания кукурузы в сочетании с животноводством заменяет нестабильную монокультуру сои. В Замбии выращивание деревьев, богатых азотом, на кукурузных полях более рентабельно по сравнению с применением минеральных удобрений.

Модель «Сохранить и приумножить» доказала свою эффективность на фермерских полях. Теперь задача состоит в том, чтобы распространить этот подход через национальные программы. Это потребует обновления глобального партнерства в поддержку развития и значительного роста инвестиций в сельское хозяйство. При обеспечении такой приверженности модель «Сохранить и приумножить» поможет нам достичь ЦУР. Ее внедрение позволит увеличивать производство зерновых, поддерживать здоровье экосистем, укреплять устойчивость к изменению климата и прогрессивно улучшать качество земель и почвы. Путем повышения производительности труда и доходов мелких фермеров она будет способствовать инклюзивному экономическому росту, необходимому для освобождения миллионов сельских жителей из унижительного плена нищеты. Увязывание производственной деятельности мелких фермерских хозяйств с хорошо спланированными программами социальной защиты обеспечит продовольственную безопасность и полноценное питание для наиболее уязвимых и поможет навсегда искоренить голод и недоедание.

Человечество обладает знаниями, технологиями и осознанием общей цели, необходимыми для претворения в жизнь концепции свободного от голода мира. Нельзя терять времени.



Жозе Грациану да Силва

Генеральный директор

Продовольственная

и сельскохозяйственная организация

Объединенных Наций

Краткий обзор

1. Человек и зерно: время возродить древнюю связь

Изменение климата, деградация окружающей среды и отсутствие роста урожайности создают угрозу для производства зерновых и глобальной продовольственной безопасности. Устойчивая интенсификация растениеводства может помочь накормить мир, одновременно защитив его природные ресурсы.

К 2050 году ежегодный мировой спрос на кукурузу, рис и пшеницу, по прогнозам, достигнет около 3,3 млрд тонн, что на 800 млн тонн превысит совокупный рекордный урожай 2014 года. Основной прирост производства будет необходимо обеспечить за счет существующих сельскохозяйственных угодий. Однако одна треть этих земель находится в деградированном состоянии, и доля сельского хозяйства в потреблении воды испытывает возрастающее давление со стороны конкурирующих секторов.

В Африке изменение климата может иметь катастрофические последствия для урожаев пшеницы и привести к снижению урожаев кукурузы на 20%. В Азии повышение уровня моря создает угрозу для выращивания риса в дельтах крупных рек. Возможности для роста производства зерновых также ограничены такими явлениями, как стагнация урожайности и убывающая доходность ресурсоемких систем производства.

Сохранение традиционных подходов будет иметь диспропорционально негативные последствия для 500 миллионов мелких семейных фермерских хозяйств, равно как и для малоимущих слоев городского населения. По мере того как изменение климата в Азии заставляет переносить выращивание пшеницы на менее продуктивные территории неорошаемого земледелия, потребители будут сталкиваться с резким повышением цен на продовольствие. В Африке рост населения может усугубить зависимость от импорта риса. Возрастающий спрос на кукурузу при сокращении ее производства может к 2050 году привести к трехкратному увеличению объемов импорта кукурузы развивающимися странами.

Устойчивое повышение продуктивности существующих сельскохозяйственных земель – это наилучший путь для того, чтобы предотвратить значительный рост цен на продовольствие, укрепить сельскую экономику и источники средств к существованию фермерских семей, а также сократить число людей, подвергающихся риску голода и недоедания. Предложенная ФАО модель интенсификации растениеводства «Сохранить и приумножить» направлена на повышение урожайности и улучшение питательных качеств сельскохозяйственных культур при сокращении издержек как для фермеров, так и для окружающей среды.

В настоящем руководстве освещены принципы и методы модели «Сохранить и приумножить», представлены примеры их практического применения в производстве кукурузы, риса и пшеницы, а также приведено краткое описание стратегических и институциональных рамок, технологий и путей укрепления потенциала, необходимого для распространения полезных уроков из опыта национальных и региональных программ.

2. На пути к устойчивому производству зерновых

По всему миру необходимо перестроить сельскохозяйственные системы в направлении устойчивой интенсификации. В области выращивания пшеницы этот переход уже начал, что ознаменовано внедрением компонентов и практических подходов модели «Сохранить и приумножить».

- ▶ **Ресурсосберегающее земледелие.** Сводя к минимуму нарушение почвенного покрова и применяя мульчирование поверхности и чередование культур, кукурузоводы и хлеборобы сокращают затраты, повышают урожайность и сохраняют природные ресурсы. Фермеры, использующие системы орошаемого рисоводства, переходят к сухому посеву риса при нулевой обработке почвы. В целях увеличения доходов и повышения устойчивости к изменению климата фермеры, занятые в производстве зерновых, диверсифицируют культуры и интегрируют в свои производственные системы такие элементы, как лесоводство, животноводство и аквакультура.
- ▶ **Здоровье почвы.** Приемы ресурсосберегающего земледелия позволяют оптимизировать содержание органических веществ в почве и ее физические характеристики, что сокращает эрозию и повышает эффективность использования воды. Азотфиксирующие бобовые повышают плодородие почвы и сокращают потребности в минеральных удобрениях. Внесение подкормки в соответствии с потребностями растений в питательных веществах помогает фермерам сократить применение удобрений и снизить ущерб для окружающей среды.
- ▶ **Улучшенные культуры и сорта растений.** В целях повышения продуктивности сельского хозяйства, повышения уровня продовольственной безопасности и полноценности питания системы «Сохранить и приумножить» используют разнообразные и взаимодополняющие группы сельскохозяйственных культур и их улучшенные сорта. Сегодня на полях выращивают сорта зерновых, которые более устойчивы к биотическим и абиотическим стрессам. Выведение более продуктивных и питательных зерновых культур должно подкрепляться деятельностью систем, обеспечивающих быстрое размножение высококачественных семян.
- ▶ **Рациональное водопользование.** Следуя принципу «поливай меньше, собирай больше», многие рисоводы сократили затопление полей, что также позволяет снизить выбросы метана. Выращивание риса без затопления сокращает расход воды на величину до 70%. Дополнительное орошение посевов пшеницы с использованием собранной дождевой воды повышает продуктивность воды в четыре раза. Гребневой посев кукурузы и пшеницы с поливом по бороздам позволяет экономить воду и получать более высокие урожаи.
- ▶ **Комплексная борьба с вредителями.** Первой линией обороны от вредителей и болезней является создание здоровых сельскохозяйственных экосистем. Рисоводы, прошедшие обучение по методам КБВ, значительно снизили масштабы применения инсектицидов без ущерба для урожаев. Бобовые, выращиваемые вместе с кукурузой, подавляют рост сорняков. Фермеры, занятые в производстве пшеницы, успешно преодолевают эпидемии ржавчины, используя устойчивые сорта, и борются с насекомыми-вредителями, применяя чередование культур.

В то время как каждый из этих элементов вносит свой вклад в достижение устойчивости, максимальной выгоды можно достичь, лишь полноценно интегрировав их все в системы ведения сельского хозяйства по модели «Сохранить и приумножить».

3. Сельскохозяйственные системы, позволяющие сохранить и приумножить

Как выглядит на деле устойчивая интенсификация растениеводства? Практические примеры из опыта развивающихся стран различных регионов мира демонстрируют системы ведения сельского хозяйства по модели «Сохранить и приумножить».

1. **В Восточной Африке** выращивание двух местных растений на кукурузных полях позволяет эффективно бороться с двумя из наиболее опасных вредителей кукурузы в регионе. Система «пуш-пул» дает и другие выгоды, включая высококачественный корм для скота.
2. **Из Мадагаскара** принципы системы интенсификации рисоводства распространились в Азию, где они помогают фермерам выращивать больше риса и получать более высокие доходы при использовании меньших объемов воды, удобрений и семян.
3. **В Центральной Америке** фермеры внедрили подсечно-мульчирующую систему производства, которая позволяет сохранять деревья и кустарники, сберегать почвенные и водные ресурсы, удваивать урожайность кукурузы и бобовых и даже повышать устойчивость к воздействию ураганов.
4. **По всему миру** производство пшеницы комбинируют с выращиванием бобовых культур, которые являются естественным источником азота, что способствует повышению урожайности пшеницы. Для реализации полных преимуществ пшенично-бобовой ротации используются приемы ресурсосберегающего земледелия.
5. **В Латинской Америке** благодаря травянистому растению, родиной которого является тропическая Африка, удалось резко повысить производительность животноводства. Бразильские фермеры включили брахиарию в систему выращивания кукурузы методом прямого посева, что стало заменой монокультурному производству сои.
6. **На Индо-Гангской равнине в Южной Азии** применение ресурсосберегающих технологий позволяет получать высокие урожаи пшеницы при снижении фермерских издержек на 20%. Внедрение агроэкологических подходов к выращиванию риса позволяет получить взаимоусиливающий эффект в производстве обеих культур.
7. **В различных развивающихся странах** стало привычным видеть на кукурузных полях такие растения, как каянус, вигна, соя и канавалия мечевидная. Высокая производительность систем «кукуруза–бобовые» делает их особенно удобными для мелких производителей.
8. **В Азии** выращивание риса часто комбинируют с разведением рыбы вокруг затопляемых рисовых полей, что дает пищу, способствует борьбе с вредителями и служит источником удобрений для производства риса. Благодаря более высоким урожаям, прибыли от продажи рыбы и экономии на агрохимикатах доходы фермеров увеличились в полтора раза.
9. **На юге Африки** выращивание деревьев и кустарников семейства бобовых совместно с кукурузой формирует высококачественную, богатую азотом остаточную биомассу, что повышает плодородие почвы, стимулирует рост урожаев и создает новые источники дохода.
10. **В Центральной Азии** нулевая обработка почвы, поддержание растительного покрова и применение севооборота может помочь многим странам предотвращать почвенную эрозию и производить больше продовольствия. В Казахстане уже достигнут значительный прогресс в полномасштабном внедрении агроэкологических подходов к выращиванию пшеницы.
11. **В Южной и Юго-Восточной Азии** миллионы рисоводов в течение сухого сезона выращивают кукурузу с использованием высокоурожайных гибридов, что позволяет сократить расход воды и повысить доходы. Взгляд вблизи: Бангладеш.

4. Последующие шаги

Для того чтобы мелкие фермеры взяли на вооружение подход «Сохранить и приумножить», необходимы согласованные действия на всех уровнях с участием правительств, международных организаций, частного сектора и гражданского общества.

Используя модель «Сохранить и приумножить», фермеры, выращивающие зерновые, нередко в сложных условиях сельскохозяйственного производства, повысили выход продукции, укрепили источники средств к существованию и увеличили свои доходы, в то же время сохраняя природные ресурсы и развивая устойчивость к неблагоприятным эффектам изменения климата. Однако темпы внедрения приемов устойчивого ведения сельского хозяйства остаются относительно низкими, и предстоит еще много сделать для получения всех выгод от модели «Сохранить и приумножить».

Переход к устойчивой интенсификации растениеводства требует кардинальных изменений стратегического руководства в сфере продовольственного обеспечения и сельского хозяйства. Осуществление этих изменений зависит от реалистичной оценки всех издержек, связанных с внедрением необходимых реформ. Также требуется тщательная адаптация устойчивых сельскохозяйственных практик к конкретным местным условиям.

Необходимо создание благоприятствующей стратегической, правовой и институциональной обстановки, которая должна обеспечить оптимальный баланс между инициативами частного сектора, государства и гражданского общества, а также гарантировать подотчетность, социальную справедливость, транспарентность и верховенство закона. При разработке национальной политики, стратегий и программ, направленных на содействие интенсификации производства зерновых для достижения высоких показателей продуктивности, рентабельности и экологической безопасности при соблюдении принципов равенства и социальной справедливости, можно руководствоваться предложенной ФАО концепцией устойчивого продовольственного обеспечения и сельского хозяйства.

В свете вышеизложенного перед директивными органами стоят, в частности, следующие важнейшие задачи: содействие переходу к модели «Сохранить и приумножить» в контексте более широкой структурной перестройки; разработка и проведение политики в поддержку внедрения систем устойчивого производства в фермерских хозяйствах; направление сельскохозяйственных инвестиций на создание общественных благ и предоставление фермерам стимулов для вложения средств в развитие устойчивого растениеводства; установление и защита прав фермеров на ресурсы; развитие более честных и эффективных рыночных механизмов и производственно-сбытовых цепей; наращивание поддержки проведению долгосрочных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сельского хозяйства; продвижение технологических инноваций, адаптированных к потребностям мелких фермеров; активизация процессов обучения и повышения квалификации работников сельского хозяйства; укрепление формальных и неформальных семеноводческих систем; развитие и укрепление сотрудничества с международными организациями, инструментами и механизмами.



Глава 1

Человек и зерно: время возродить древнюю связь

Изменение климата, деградация окружающей среды и отсутствие роста урожайности создают угрозу для производства зерновых и глобальной продовольственной безопасности. Устойчивая интенсификация растениеводства может помочь накормить мир, одновременно защитив его природные ресурсы.

Кукуруза, рис и пшеница, урожаем которых в совокупности ежегодно составляет около 2,5 млрд тонн, – наиболее активно выращиваемые по всему миру культуры, являющиеся основой глобальной продовольственной безопасности. Ежедневно человечество потребляет миллионы тонн этих злаковых в бесконечном разнообразии традиционных форм, будь то дымящиеся миски риса и тарелки кукурузной каши или хлеб, тортильи, тамале, наан, чапати, паста, пицца, пироги и печенье. Также миллионы тонн мы потребляем опосредованно, т.е. в виде кормов, использованных для выращивания крупного рогатого скота, свиней и птицы, являющихся основным мировым источником мяса, молока и яиц^{1,2}.

В совокупности кукуруза, рис и пшеница – это наиболее важный компонент рациона человека, на долю этих культур приходится примерно 42,5% калорий, получаемых людьми на планете с пищей. В глобальном масштабе по значимости вклада в снабжение человека белками – около 37% – они стоят на втором месте, сразу после рыбы и продуктов животноводства. Одна только пшеница поставляет больше белков, чем птица, свинина и говядина, вместе взятые. Кукуруза, рис и пшеница дают 6% жира в нашем рационе.

Эти три злаковые культуры имеют ключевое значение для обеспечения продовольственной безопасности в развивающихся регионах. В странах юга Африки они составляют половину от общего поступления калорий. В Западной Азии пшеница дает примерно 40% белков. В Южной Азии на долю пшеницы и риса приходится половина всех калорий и белков и 9% жира. Во всех развивающихся регионах, кроме Латинской Америки, зерновые дают людям больше белков, чем мясо, рыба, молоко и яйца в совокупности.

Даже в Северной Америке и Западной Европе, где продукты животного происхождения дают почти две трети получаемого белка, доля пшеницы все еще превышает 20%. Косвенно на злаковые приходится еще больше: в Соединенных Штатах Америки около 40% произведенной кукурузы – в 2014 году примерно 130 млн тонн – идет на корм домашнему скоту^{2,3}.

Злаковые растения стали преобладать в питании человека с доисторических времен, когда первые земледельцы научились их выращивать. В действительности, сельскохозяйственная революция и все, что за ней последовало, – словом, тот самый мир, в котором мы сейчас и живем, – уходит корнями в удивительно долговечную связь, впервые установившуюся около 10 000 лет назад между общинами охотников-собирателей и обилием дикорастущих трав семейства злаковых (Poaceae). Среди первых травянистых растений, которые высевались и собирались на Ближнем Востоке, были виды *Triticum*; именно они за период 2500 лет обусловили возникновение культуры обыкновенной (мягкой) пшеницы⁴.

Зерно давало охотникам-собирателям концентрированный и легко сохраняемый источник энергии, белков и других питательных веществ. Аналогичное открытие было сделано в Восточной Азии и Западной Африке, где 9000–3000 лет назад из дикорастущих предков были выведены виды риса *Oryza sativa* и *Oryza glaberrima*^{5,6}. Предком 2500 современных товарных сортов кукурузы является травянистое растение рода *Zea* под названием теосинте, которое около 7000 лет назад произрастало в Центральной Америке⁴.

Изобретение ирригации в Месопотамии 8000 лет назад было важнейшим первым шагом к интенсификации производства зерновых, когда растущее население городов стремилось удовлетворить потребности в продовольствии путем повышения продуктивности. 3000 лет назад в Китае использовалась система ин-

Кукуруза Производящие регионы мира, 2010 г.

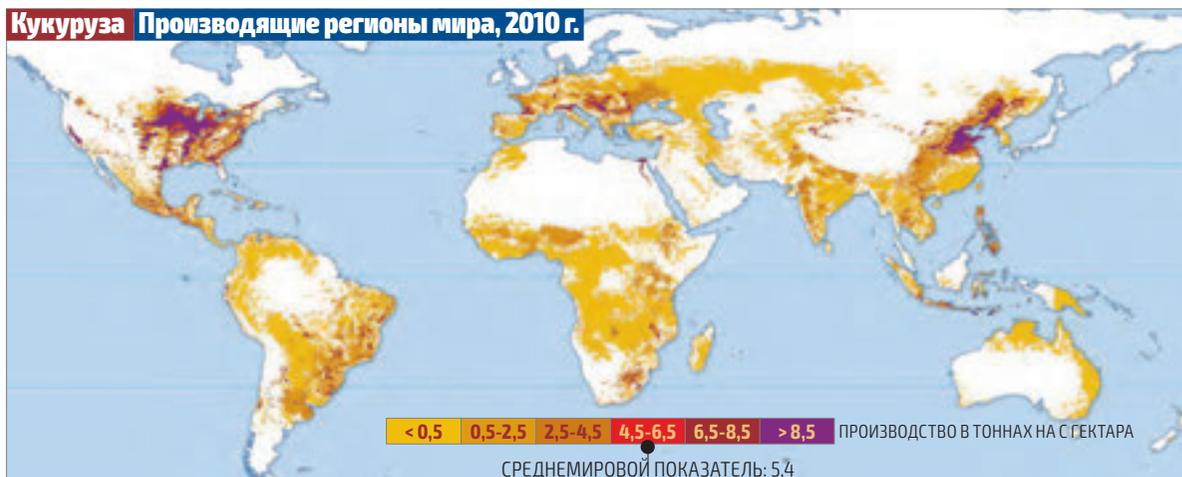
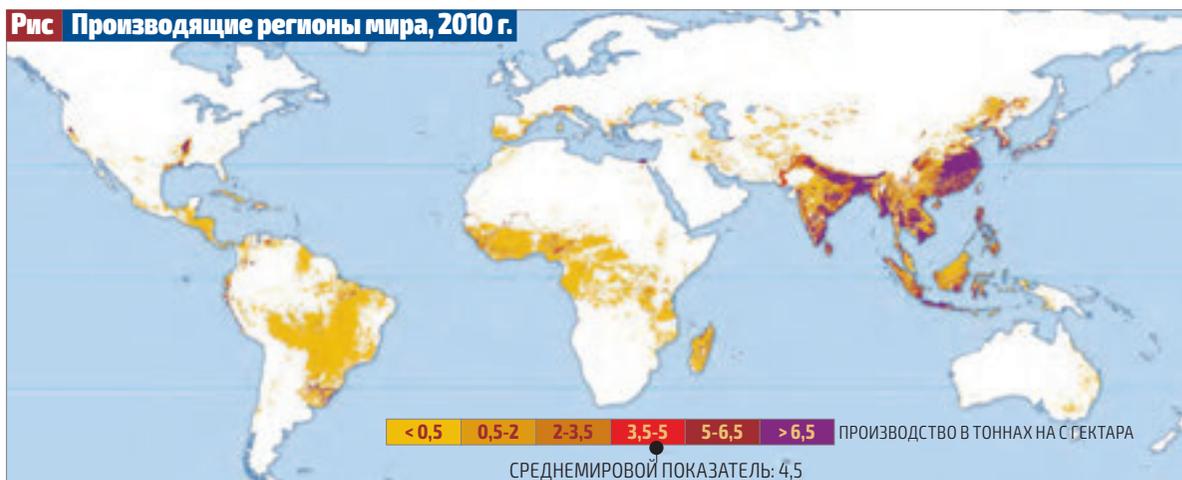
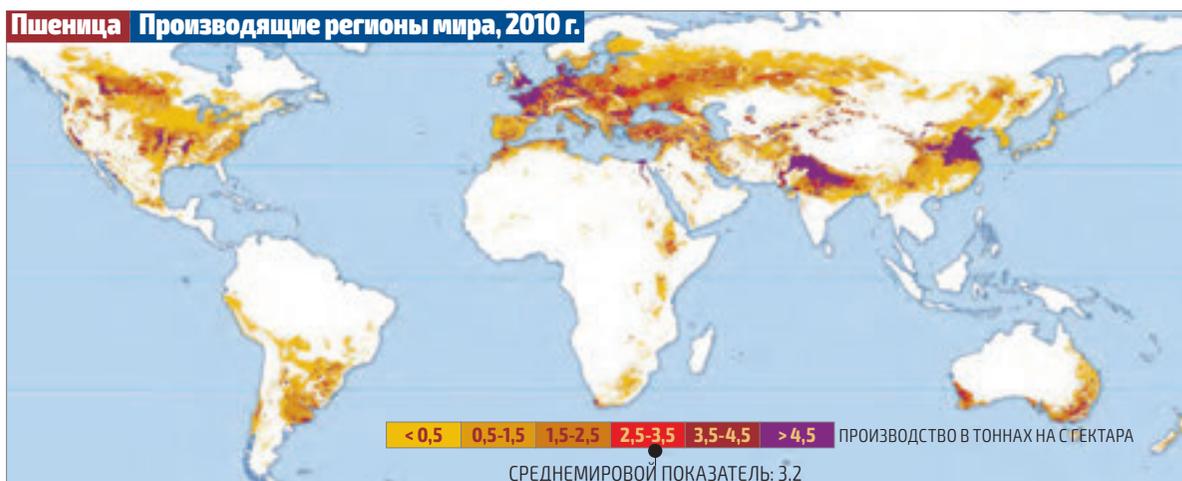


Рис Производящие регионы мира, 2010 г.



Пшеница Производящие регионы мира, 2010 г.



тенсивного орошаемого рисоводства⁴, а на территории современной Мексики существовали системы ирригации для выращивания кукурузы⁷.

Зерновые обеспечили продовольственную безопасность, что привело к росту населения в первые 8000 лет сельскохозяйственной эры с 10 до 300 миллионов человек⁸, но в то же время возникающие дефициты производства или снабжения грозили бедствием. Построенные на орошаемом сельском хозяйстве цивилизации в долинах рек Инда и Тигра распались по причине заиливания каналов и засоления почвы⁹. Голод опустошил Древний Рим, когда враги перекрыли пути поставки зерна из Северной Африки¹⁰. Цивилизация майя, вероятно, погибла из-за эпидемии вирусной мозаики кукурузы¹¹. В Европе за средневековым теплым периодом, завершившимся 700 лет назад, последовали дождливые лета, что привело к распространению грибковых болезней пшеницы, ставших причиной голода, от которого умерли миллионы людей¹².

Сельскохозяйственная революция в Британии, начавшаяся в конце XVII века, стала новой вехой в интенсификации производства зерновых и обеспечении продовольственной безопасности. В период с 1700 по 1850 год усовершенствование плугов, выведение более продуктивных сортов, чередование культур с бобовыми позволило фермерам максимально увеличить использование сельскохозяйственных ресурсов и удвоить урожайность пшеницы – с 1 до 2 тонн с гектара. За тот же отрезок времени население Англии выросло с 5 до 15 миллионов^{13, 14}.

В XX веке рост населения и интенсификация сельского хозяйства ускорились. В годы после Второй мировой войны в промышленно развитых странах наблюдался сдвиг парадигмы в сельском хозяйстве в сторону широкого применения в растениеводстве достижений генетики, биохимии и агротехники. Огромный рост производительности был достигнут благодаря применению тяжелой сельскохозяйственной техники, работающей на углеводородном топливе, наряду с использованием высокоурожайных сортов растений, орошения и агрохимии¹⁵.

Интенсификация растениеводства в развивающихся странах по-настоящему началась в 1960-х годах; в этот период стремительный рост численности населения наряду со значительным дефицитом производства зерновых стал причиной массового голода¹⁵. К 1970 году примерно 37% населения развивающихся стран, или почти 1 млрд человек, страдали от недоедания^{16, 17}. Столкнувшись с угрозой мирового продовольственного кризиса, международное сообщество сплотилось вокруг идей сельскохозяйственных исследований, развития и передачи технологий, которые стали известны под названием «зеленая революция». Был сделан акцент на интенсификации производства трех основных для глобальной продовольственной безопасности зерновых культур: кукурузы, риса и пшеницы.

«Зеленая революция» и последующие действия

Первоначально «зеленая революция» была связана с деятельностью американского биолога Нормана Борлоуга, а также ученых Международного центра по улучшению сортов кукурузы и пшеницы (СИММИТ) в Мексике и Международного научно-исследовательского института риса (МНИИР) в Филиппинах. Это движение продолжило набирать обороты в 1960-х годах, когда в Южной Азии были внедрены высокоурожайные полукарликовые сорта пшеницы и риса. Всего за несколько лет применение этих сортов, при поддержке со стороны государственных программ расширения ирригационной инфраструктуры и поставок агрохимикатов, привело к такому росту урожайности, для достижения которого в ходе британской сельскохозяйственной революции потребовалось более века¹.

Во многом благодаря «зеленой революции» мир стал свидетелем качественного скачка в производстве продовольствия. Среднегодовой объем мирового производства зерновых за период с 1961 до 2000 года вырос, соответственно, с 640 млн до 1,8 млрд тонн. Наиболее значительный рост наблюдался в развивающихся странах: производство кукурузы выросло на 275%, риса – на 194% и пшеницы – на 400%. Основной рост производства риса в Азии был достигнут за счет большей интенсивности растениеводства и перехода фермеров от выращивания одного урожая в год до трех¹⁸.

Несмотря на то что численность населения между 1960 и 2000 годами увеличилась более чем вдвое, развивающиеся страны за тот же период увеличили поставку зерновых на душу населения на 50% за счет внутреннего производства^{1,17}. В то время как в 1970 году одна треть населения страдала от недоедания, к концу столетия этот показатель снизился до 18%¹⁹.

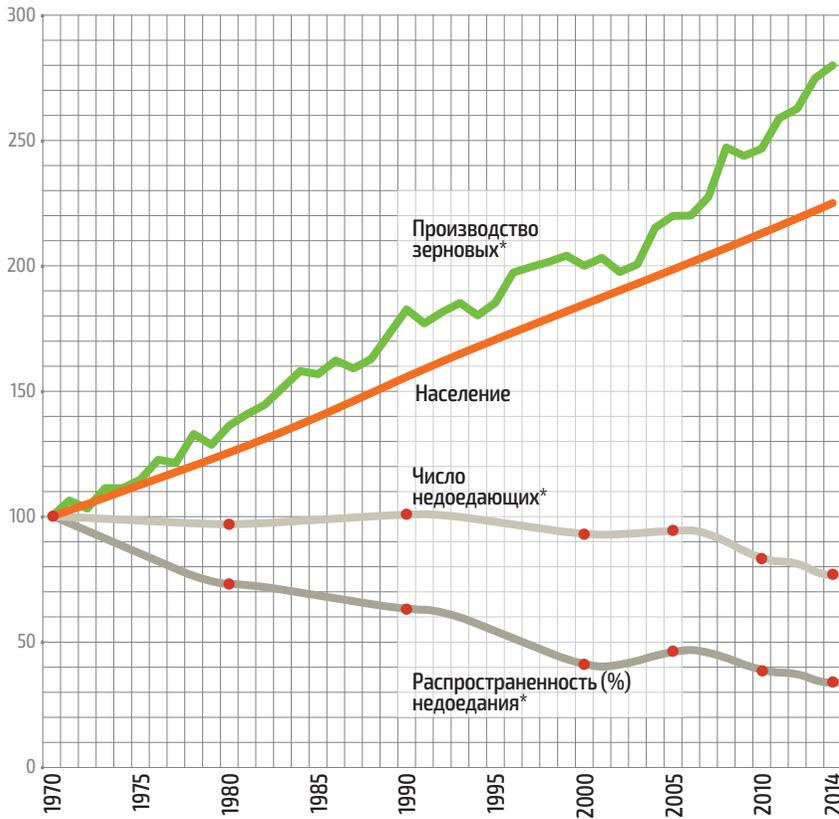
Вследствие сокращения затрат на единицу произведенных зерновых увеличились доходы фермеров, что способствовало значительному уменьшению доли сельской бедноты в Азии²⁰. Городские потребители также получили выгоду от десятилетий стабильных и относительно низких цен на зерновые²¹. Интенсификация также означала, что 250%-ный прирост показателей производства зерновых в развивающихся странах между 1960 и 2000 годами был достигнут за счет расширения уборочной площади лишь на 44%, что уменьшило необходимость преобразования природной среды в сельскохозяйственные угодья¹.

Сегодня на развивающиеся страны приходится две трети глобального производства зерновых¹. Улучшенные сорта выращиваются на большей части площадей под пшеницу в Азии и Северной Африке²² и на рисовых полях в тропической Азии²³. В Западной Африке применение рано созревающих сортов позволило за период с 2000 года удвоить производство риса и кукурузы¹.

Роль «зеленой революции» в обеспечении продовольственной безопасности неоспорима [рис. 1.1]. Частота случаев недоедания в развивающихся странах сократилась до 12,9%²⁴. В 2014 году глобальное производство зерновых достигло приблизительно 2,5 млрд тонн, в результате чего мировые цены опустились гораздо ниже пиковых значений 2011 года²⁵. Существуют возможности и для дальнейшего роста производства – в большинстве развивающихся регионов урожайность основных продовольственных культур, включая зерновые, составляет лишь половину того, чего можно технически добиться за счет оптимизации вводимых ресурсов и управления²⁶.

Рисунок 1.1 Производство зерновых, рост населения, численность людей, не получающих достаточного питания, и распространенность недоедания в развивающихся странах, 1970–2014 годы

Индекс (1970=100)



Источник: пользовательские данные, полученные через веб-сайт¹

Источник: пользовательские данные, полученные через веб-сайт¹⁷

Источник: адаптировано из рисунка 38, стр. 118,¹⁶ и таблицы 1, стр. 8²⁴

* Данные за 2014 год носят предварительный характер

Проблема заключается в том, что предшествующая эффективность сельского хозяйства не гарантирует аналогичной отдачи в будущем. Интенсификация растениеводства, основанная на монокультурах и массивном вложении внешних ресурсов, настолько нарушила биоразнообразие и экосистемные услуги – включая генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур, формирование почвы и биологическую азотфиксацию, – что фактически стала представлять собой угрозу для устойчивого производства продовольствия^{27, 28}. Качественный скачок в производстве зерновых, совершенный в ходе «зеленой революции», был достигнут ценой деградации земель, засоленности орошаемых территорий, истощения подземных вод, повышения устойчивости вредителей и ущерба для окружающей среды в целом вследствие повышенного выброса парниковых газов и нитратного загрязнения водоемов¹⁵.

Интенсивный двух- и трехкратный сбор урожая риса в Азии влечет за собой истощение запасов питательных микроэлементов в почве, повышение ее токсичности и широкое распространение вредителей и болезней растений¹⁸. Прекратился рост урожайности риса в Восточной и Юго-Восточной Азии – регионах, на долю которых приходится 60% мирового производства²⁹. Сокращение роста

урожайности подтверждают исследования, проведенные в основных рисоводческих штатах Индии и в рисовых житницах Восточной Азии. Растущий объем фактических свидетельств указывает на снижение отдачи от современных сортов, несмотря на высокий уровень вводимых ресурсов²⁰.

Стагнация урожайности в основных регионах выращивания пшеницы представляется следствием сложной совокупности факторов, включая замедление темпов генетического улучшения, истощение плодородия почв, снижение отдачи от вводимых ресурсов, а также биотические и абиотические стрессы²². Интенсификация растениеводства и монокультурное хозяйство повысили угрозу пшеничной ржавчины, а насекомые-вредители все в большей степени становятся причиной потерь урожая пшеницы³⁰.

Интенсивное растениеводство часто создает обильную питательную среду, весьма благоприятную для вредителей, что ведет к непрерывному росту потребностей в пестицидах, причем устойчивость насекомых, сорняков и патогенных микроорганизмов повышается. На сегодняшний день в сельском хозяйстве ежегодно применяется около 2,5 млн тонн пестицидов³¹. Еще в 1990-х годах было обнаружено, что расходы на здравоохранение, вызванные чрезмерным использованием пестицидов на рисовых полях в Азии, выше, чем экономические выгоды от такой борьбы с вредителями³². На глобальном уровне около 220 видов сорных растений выработали устойчивость к одному или более гербицидам, создавая особую угрозу для злаковых³³.

Глобальное внедрение высокоурожайных сортов зерновых культур привело к масштабным потерям генетического разнообразия растений и сокращению биоразнообразия в целом. К примеру, в ходе «зеленой революции» в Индонезии около 1000 местных сортов риса были замещены современными, которые в силу узости своей генетической базы более уязвимы к воздействию вредителей и к болезням. Использование монокультур взамен совмещенного выращивания зерновых, бобовых и масличных культур также привело к общему снижению агробиоразнообразия и разнообразия рациона^{18, 20}.

Кроме того, интенсивное растениеводство существенно способствует выбросу парниковых газов, вызывающему изменение климата. Объем выбросов, связанных с сельским хозяйством и с изменениями растительного покрова почвы, главным образом для нужд сельского хозяйства, за последние 50 лет почти удвоился³⁴ и в настоящее время достигает 25% от общего объема антропогенных выбросов³⁵. В период с 2001 по 2010 год выбросы, непосредственно связанные с земледелием и животноводством, выросли с 4,7 млрд до более 5,3 млрд тонн в эквиваленте диоксида углерода, при этом основная доля роста приходится на развивающиеся страны³⁴.

Являясь одним из ведущих потребителей минеральных удобрений, производство зерновых вносит значительный вклад в сельскохозяйственные выбросы закиси азота, на долю которых приходится 58% от общего объема этих выбросов; выращивание риса на затопляемых полях вкупе с животноводством является источником почти половины всех выбросов метана^{36, 37}.

Некоторые критики утверждают, что «зеленая революция» главным образом улучшила положение тех сельскохозяйственных производителей, которые располагали более ухоженными землями и легким доступом к ресурсам и рынкам, и не смогла достичь большинства мелких фермеров, не имеющих достаточных средств³⁸. Они указывают на разительный парадокс: три четверти бедного и недоедающего населения мира живет в сельских районах и работает в основном в сфере сельского хозяйства и производства продовольствия^{39, 40, 41}.

Еще одним аргументом критиков «зеленой революции» как модели интенсификации сельского хозяйства является то, что серьезный ущерб, который она наносит окружающей среде, ложится на плечи будущих поколений. Не существуют структур, которые взыскивали бы компенсацию и инвестировали получаемые средства в экологическую реабилитацию. Если бы оптовые цены на продукцию отражали все издержки производства, так чтобы сельское хозяйство оплачивало ущерб, наносимый окружающей среде, цены на продовольствие не могли бы так долго оставаться настолько низкими¹⁵.

Ясно одно: несмотря на постоянное сокращение доли недоедающих среди мирового населения, существующие продовольственные и сельскохозяйственные системы не смогли обеспечить каждого пищей, необходимой для активной и здоровой жизни. *Абсолютное число* людей, страдающих от хронического недоедания, за прошедшие полвека сократилось лишь на 20%²⁴.

Тем временем примерно 2 млрд людей страдают от нарушений питания в результате нехватки витаминов и минеральных веществ в рационе. Рост урожайности, достигаемый за счет широкомасштабного использования минеральных удобрений, которые являются источником, главным образом, азота, фосфора и калия, сопряжен с упадком питательной ценности зерновых⁴² и даже овощных культур^{43, 44}.

В первую очередь среди малоимущих сельских домохозяйств нормой является однообразный рацион с преобладанием базовых крахмалосодержащих продуктов, а богатые питательными микроэлементами виды пищи, такие как мясо, молочные продукты, бобовые, фрукты и овощи, как правило, в достаточном количестве недоступны. Полувековое интенсивное производство кукурузы, риса и пшеницы, вероятно, улучшило снабжение пищевой энергией, однако не принесло существенных улучшений в питание человека в целом⁴⁵.

Модель интенсификации растениеводства, предложенная «зеленой революцией», была адекватным ответом на продовольственный кризис, с которым человечество столкнулось в 1960-х годах. Однако сейчас мир вступил в новую эпоху, которая пришла на смену «зеленой революции».

Более 3 миллиардов тонн к 2050 году

По всему миру сельское хозяйство – как и древняя связь человечества с кукурузой, рисом и пшеницей – столкнулось с беспрецедентным стечением неблагоприятных воздействий⁴⁶. Одно из них – небывалый в истории рост спроса на продовольствие и другую сельскохозяйственную продукцию. По прогнозам, за период с настоящего времени до 2050 года численность мирового населения увеличится с 7,3 млрд более чем до 9,6 млрд человек, с наибольшим ростом в развивающихся регионах; в 48 наименее развитых странах ожидается удвоение населения – до 1,8 млрд¹⁷. В то же время урбанизация и рост благосостояния в развивающихся странах ведут к «изменению модели питания» в сторону гораздо более

активного потребления животных белков, что потребует значительного увеличения продукции животноводства и интенсивного использования ресурсов.

По данным нового исследования ФАО и Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), за период с 2014 по 2024 год глобальное потребление зерновых увеличится на 390 млн тонн. Коренным фактором роста является увеличение спроса на корма для животных, при этом фуражное зерно – 70% которого составляет кукуруза – превысит половину от общего объема. К 2024 году прирост пищевого потребления кукурузы, риса и пшеницы в развивающихся странах составит 170 млн тонн⁴⁷.

В более долгосрочной перспективе, по оценкам ФАО, к 2050 году ежегодный глобальный спрос на эти три зерновые культуры достигнет почти 3,3 млрд тонн. Данный рост будет в значительной степени необходим для обеспечения ежегодного производства 455 млн тонн мяса⁴⁸, что на 50% больше, чем было произведено в 2012 году¹. Использование зерновых в качестве сырья для производства биотоплива, по прогнозам, вырастет к 2020 году с нынешних 130 млн тонн до 182 млн тонн в год⁴⁸; согласно одному из сценариев, к 2050 году оно может достичь почти 450 млн тонн^{49, 50}.

Удовлетворение спроса на кукурузу, рис и пшеницу необязательно должно достигаться исключительно за счет увеличения производства. Ежегодно треть всего продовольствия, произведенного для потребления человеком, включая 30% зерновых, теряется или превращается в отходы, что крайне негативно влияет на доступность продовольствия и наносит значительный ущерб окружающей среде⁵¹. Существенное сокращение потерь продовольствия, в том числе в виде отходов, вкупе с переходом к более здоровым, устойчивым рационам, менее зависимым от животных белков, снизит необходимость увеличивать производство зерновых.

Тем не менее масштаб будущего спроса требует наличия как более производительных, так и более экологически устойчивых систем выращивания зерновых культур. В будущем около 80% роста растениеводства в развивающихся странах придется обеспечивать за счет интенсификации; в Южной Азии, Западной Азии и Северной Африке доля прироста за счет интенсификации будет составлять от 90 до 100%⁴⁸. Сельскохозяйственный рост будет, как никогда раньше, зависеть от увеличения производительности путем повышения урожайности культур⁵⁰.

Однако достичь повышения урожайности зерновых теперь будет гораздо труднее, чем раньше. Преобладающая часть мировых агроэкосистем испытывает серьезный дефицит почвенного органического углерода – основы плодородия почвы⁵². Треть сельскохозяйственных угодий находится в упадке – от умеренной до тяжелой степени – вследствие эрозии, засоления, уплотнения и химического загрязнения почвы⁵³. Если эрозия почвы на северо-востоке Китая продолжит расти текущими темпами, производство зерновых на площади в 93 млн гектаров сельхозугодий может в течение 50 лет упасть на 40%⁵⁴. Во всем мире районы орошаемого производства пшеницы все больше страдают от засоления и заболачивания²². В Азии и Латинской Америке расширение территорий производства кукурузы считается экологически небезопасным ввиду значительного ущерба окружающей среде и риска дальнейшей деградации земель⁵⁵.

Наряду с этим доля сельского хозяйства в мировом потреблении пресной воды, которая в настоящий момент составляет около 70%, находится под возрастающим давлением со стороны конкурирующих отраслей производства. Многие богарные и искусственно орошаемые сельскохозяйственные системы приближаются к пределу своего производственного потенциала, при этом извлечение

грунтовых вод превышает уровень естественного пополнения запасов воды в ключевых зерноводческих районах по всему миру⁵³. В Северной Африке и Западной Азии нехватка воды, вероятно, является куда более важным фактором недостаточной производительности растениеводства, чем нехватка земель⁵⁶. В некоторых странах Азии конкурентная борьба за воду между домохозяйствами и промышленными потребителями уменьшает площади земель, занятых под рис²³. Ожидается, что нехватка воды может привести к переводу оросительных мощностей с пшеницы в пользу более дорогостоящих культур, заставляя переносить выращивание пшеницы на менее продуктивные богарные территории⁵⁷.

Другим фактором, сдерживающим рост производства, является выраженное замедление темпов роста урожаев кукурузы, риса и пшеницы, составлявших в период «зеленой революции» 2–3% ежегодно. В то время как средний прирост урожаев кукурузы в мире составляет 1,5% в год, главным образом за счет производства в Соединенных Штатах, темпы роста как для риса, так и для пшеницы сократились до 1% – ниже минимального уровня, необходимого (по данным одного из недавно проведенных исследований) для обеспечения мировой продовольственной безопасности в 2050 году⁵⁰.

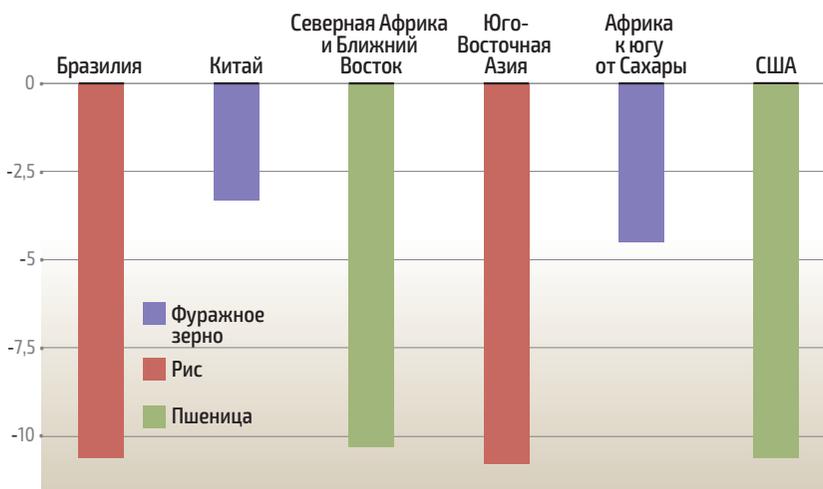
Замедление роста производства зерновых связано с ослаблением стимулов и спроса на технологии повышения урожайности вследствие существенного снижения реальных цен на сельскохозяйственную продукцию в период с начала 1960-х до начала 2000-х годов⁵⁸. Другим фактором является недостаточная поддержка сельского хозяйства. «Зеленая революция» в значительной степени состоялась за счет научных исследований и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), систем поставок ресурсов и консультативных услуг, финансируемых государством¹⁵. Однако темпы роста государственных расходов на сельскохозяйственные НИОКР в развитых странах снизились, а в Соединенных Штатах в 2004 году показали отрицательные значения, в результате чего сократились объемы передачи технологий в развивающиеся страны^{59, 60}.

В то время как государственное финансирование сельскохозяйственных НИОКР в мире за период с 2000 по 2008 год выросло на 22%, достигнув 31,7 млрд долл. США⁶¹, почти половина этого увеличения приходится на Индию и Китай; расходы на НИОКР в странах с низким уровнем дохода составили в 2009 году лишь 2,1% от общемирового показателя – меньше, чем в 1960 году²⁶.

Влияние изменения климата

Как ожидается, изменение климата, наиболее серьезный сегодня экологический вызов человечеству, будет иметь далеко идущие последствия для производства кукурузы, риса и пшеницы. На мировом уровне, по имеющимся оценкам, повышение температуры и изменение количества осадков с 1980 года стали причиной снижения производства пшеницы на 5,5% и кукурузы на 3,8% относительно объемов, которые были бы получены при стабильном состоянии климата⁶². В предстоящие десятилетия ожидаются дальнейшее потепление, повышение уровня Мирового океана, более активное воздействие вредителей и болезней, нехватка воды, экстремальные погодные явления и утрата биоразнообразия⁶³. Недавнее исследование влияния изменений климата на сельское хозяйство показало, что в отсутствие мер адаптации со стороны фермеров мировой объем сельскохозяйственного производства в 2050 году будет на 6,9% ниже того, что был бы полу-

Рисунок 1.2 Прогнозируемое на 2050 год сокращение урожаев зерновых из-за изменения климата в условиях отсутствия адаптации (%)*



* Относительно базовых показателей для 2050 года без учета изменения климата; усредненный результат трех моделей общей циркуляции

Источник: адаптировано из рисунка 2, стр. 4⁶⁴

чен в условиях стабильного климата; урожаи зерновых снизятся не менее чем на 10% как в развитых, так и в развивающихся регионах [рис. 1.2]⁶⁴.

Вследствие того что кукуруза – это в основном неорошаемая культура, изменчивость атмосферных осадков повысит убытки от засухи и наводнений в странах Африки к югу от Сахары и в Азии^{65, 66}. Негативное воздействие особенно явно будет ощутимо в районах, где деградированные почвы более не способны защитить культуры от засухи и теплового стресса⁵⁵. Изменение климата, как ожидается, приведет к снижению урожайности кукурузы за счет увеличения частоты, тяжести и распространенности грибковых болезней, что также представляет угрозу для безопасности пищевых продуктов⁶⁷.

Согласно прогнозам, снизится урожайность риса в тропических районах. Современные высокоурожайные сорта риса неустойчивы к большинству абиотических стрессов, таких как высокие температуры, засуха и засоление, которые, вероятнее всего, усугубятся с изменением климата. Повышение уровня моря и учащение штормов представит особую угрозу для рисоводческих систем в прибрежных районах⁶⁸. Поскольку в последние 25 лет хозяйства, сосредоточенные в дельтах рек Бангладеш, Мьянмы и Вьетнама, обеспечивают свыше половины прироста в производстве риса, существенное сокращение их производственного потенциала может вызвать серьезный кризис мировой продовольственной безопасности⁶⁹.

Растущая частота краткосрочных повышений температуры может иметь катастрофические последствия для урожаев пшеницы. Пшеничные поля в Южной и Западной Азии и в Северной Африке, по прогнозам, будут особенно страдать от теплового стресса и нехватки воды, а также от вспышек численности насекомых-вредителей и распространения почвенных патогенных микроорганизмов. Индо-Гангская равнина в Южной Азии сейчас представляет собой обширную благоприятную среду для выращивания пшеницы; однако к 2050 году более половины всех земель будут страдать от теплового стресса и высокой распростра-

ненности грибковых болезней. Изменение климата, кроме того, может уменьшить питательную ценность пшеницы^{22,70}.

На производстве зерновых также отразится растущее давление, направленное на сектор сельского хозяйства в целях сокращения его собственного значительного вклада в изменение климата. Адаптация к изменению климата и ослабление этого процесса (митигация) потребует от производителей зерновых ограничить расширение посевных площадей, применять меньше минеральных удобрений и сократить выбросы метана с рисовых полей, используя меньшее количество воды³⁷.

Для достижения цели ежегодной поставки 3,3 млрд тонн зерновых к 2050 году нет необходимости повышать урожаи кукурузы, риса и пшеницы такими же впечатляющими темпами, какие были зафиксированы во время «зеленой революции». Сейчас основной вопрос заключается в том, насколько основательно стагнация урожайности зерновых и то самое «беспрецедентное стечение неблагоприятных воздействий» – деградация природных ресурсов, ограниченное пространство для расширения обрабатываемых земель, нехватка воды и потенциально катастрофические последствия изменения климата – повлияют на производство зерновых и мировую продовольственную безопасность.

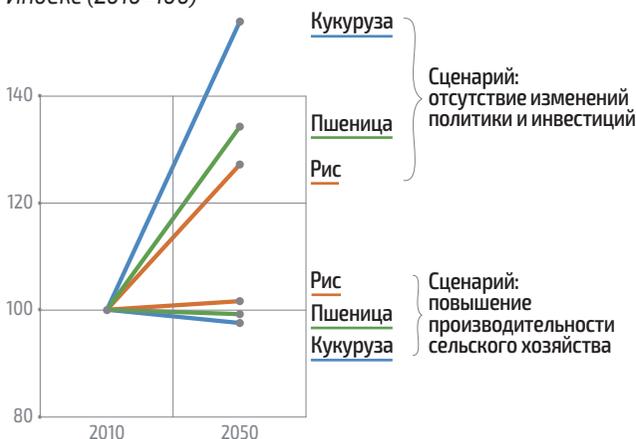
Самые разрушительные последствия для наиболее уязвимых

Прогностические сценарии показывают, что наблюдаемое подавление производства зерновых несоразмерно повлияет на наиболее уязвимые группы населения. В их число входят многие из 500 млн мелких и семейных фермеров в развивающихся странах, которые, по оценкам, производят 80% мирового продовольствия²⁶, и миллиарды малообеспеченных людей, ежедневное выживание которых зависит от зерновых продуктов питания.

В то время как в развитых странах кукуруза в основном используется в качестве кормов для скота и в производстве биотоплива, в развивающихся странах она в первую очередь употребляется в пищу. Мелкие фермерские хозяйства как в странах Африки к югу от Сахары, так и в Центральной Америке в основном выращивают кукурузу как пищевую культуру для потребления в домашних хозяйствах и для продажи на городских рынках. Особенно значимую роль кукуруза играет в рационе сельской и городской бедноты в странах Африки к югу от Сахары и в Латинской Америке⁵⁵. Возрастающий спрос на кукурузу при сокращении ее производства может к 2050 году привести к трехкратному увеличению объемов импорта кукурузы развивающимися странами на общую ежегодную сумму 30 млрд долл. США⁷¹.

Основным продуктом питания более чем для 3,5 млрд людей по всему миру является рис. Во многих азиатских и отдельных африканских странах среднегодовое потребление риса на душу населения превышает 100 кг. В обоих регионах рис выращивается в основном мелкими фермерскими хозяйствами, практически весь объем производится на участках от 0,5 до 3 га²³. В Африке растущий спрос на рис среди городских потребителей удовлетворяется в большей мере импортом, чем внутренним производством; за период с 2000 по 2012 год объем ввоза шлифованного риса почти утроился, достигнув 13,8 млн тонн. В международной торговле рисом доля одной только Западной Аф-

Рисунок 1.3 Прогнозируемые изменения мировых цен на зерновые в период с 2010 до 2050 года по двум сценариям*
Индекс (2010=100)



* Цены скорректированы с учетом последствий инфляции

Источник: адаптировано из рисунка 2, стр. 92, и рисунка 4, стр. 94²¹

рики составляет примерно 20%⁷². Рост населения усилит зависимость региона, делая африканских потребителей еще более уязвимыми к повышению цен²³.

Снижение производства пшеницы и растущие цены на нее особенно разрушительно повлияют на страны с высоким уровнем бедности и значительной зависимостью от пшеницы в обеспечении продовольственной безопасности³⁰. В Южной Азии, где более 90% поставок пшеницы используется в пищу, около 60% населения живет менее чем на 2 долл. США в день; в Центральной Азии, где потребление пшеницы составляет 160 кг на душу населения в год, уровень бедности достигает 40%^{2, 73}. Африканские страны все больше зависят от импорта пшеницы, объем которого в 2013/2014 году достиг рекордной цифры в 41 млн тонн⁷⁴.

По мере того как изменение климата заставляет переносить производство пшеницы в более высокие широты, будут возрастать риски для источников средств к существованию выращивающих ее мелких фермеров²².

Тяжелые последствия для беднейшего населения мира в результате произошедшего в 2008 году инфляционного роста цен на зерновые заставили более глубоко осознать степень уязвимости глобальной продовольственной системы²³. Скачки цен на пшеницу, к примеру, стали причиной уличных беспорядков в ряде городов Ближнего Востока и Северной Африки³⁰. По прогнозам, нынешняя тенденция к снижению цен на зерновые будет краткосрочной: ожидается их стабилизация выше относительно низкого уровня, зафиксированного до 2008 года⁴⁷.

Исследование Международного научно-исследовательского института продовольственной политики (ИФПРИ) показало, что в период с 2010 по 2050 год при сохранении традиционного подхода к ведению сельского хозяйства, то есть без изменения нынешней политики и инвестиций, реальная стоимость зерновых может значительно возрасти, что во многих регионах замедлит процесс сокращения числа людей, подвергающихся риску голода.

Однако в этом же исследовании предложен и другой, более оптимистичный сценарий: достаточный уровень инвестиций в повышение устойчивости урожаев на существующих сельскохозяйственных угодьях может обеспечить более высокую производительность, при которой, с поправкой на инфляцию, в 2050 году цены на зерновые сохранятся на уровне, весьма близком к ценам 2010 года [рис. 1.3]. Более низкие цены на кукурузу приведут к сокращению себестоимости молока и мяса, в то время как более низкая стоимость риса облегчит бремя для нетто-импортеров продовольствия. В целом рост производительности повысит уровень продовольственной безопасности во всех регионах, сократив на глобальном уровне примерно на 40% численность населения, подверженного риску голода²¹.

«Сохранить и приумножить»: производить больше, тратя меньше

Суть предложенной FAO модели интенсификации растениеводства «Сохранить и приумножить» состоит в устойчивом повышении урожайности на существующих сельскохозяйственных угодьях. Парадигма «Сохранить и приумножить» нацелена на преодоление сегодняшних перекрестных вызовов: это стимулирование производительности растениеводства и обеспечение продовольственной безопасности и полноценного питания для всех в сочетании со снижением потребностей сельского хозяйства по отношению к природным ресурсам, его негативного влияния на окружающую среду и вклада в изменение климата¹⁵. Имеется солидный объем фактических данных, доказывающих, что агротехнические приемы, предусматривающие сохранение природных ресурсов, также увеличивают урожайность культур и улучшают поток экосистемных услуг⁷⁵⁻⁷⁷.

В подходе «Сохранить и приумножить» констатируется, что продовольственная безопасность в равной мере зависит и от обеспечения экологической устойчивости, и от роста урожайности культур⁷⁸. В нем заложено стремление достичь обеих целей путем продвижения агротехнических приемов и технологий, которые защищают окружающую среду, более экономно используют природные ресурсы, замедляют темпы изменения климата, вносят вклад в развитие средств к существованию жителей сельских районов и благотворно влияют на здоровье людей^{31, 79}.

Растениеводство, основанное на экосистемном подходе, по своей сути климатически оптимизировано. Данный подход помогает мелким фермерам адаптироваться к изменению климата, повышая устойчивость их производственных систем к экологическим стрессам, таким как засуха, высокие температуры, нашествия вредителей и вспышки болезней³⁷. За счет поддержания и использования многообразия царств, видов и генофонда в агроэкосистемах он увеличивает как продуктивность, так и устойчивость к неблагоприятным внешним воздействиям²⁷.

Модель «Сохранить и приумножить» обладает весьма значительным потенциалом для ослабления процесса изменения климата: беря на вооружение естественные биологические процессы, она сокращает использование минеральных удобрений и уменьшает выбросы закиси азота «у источника»; за счет более эффективного использования воды она может помочь уменьшить выбросы метана с орошаемых рисовых полей³⁷. Технологические приемы восстановления здоровья почвы могут позволить ей ежегодно связывать около 1,8 тонны углерода на гектар⁸⁰. Связывание углерода обладает потенциалом для компенсации выбросов при сжигании ископаемого топлива в эквиваленте до 1,3 млрд тонн углерода ежегодно, что соответствует 15% мирового объема таких выбросов⁸¹.

Необходимо уделять гораздо больше внимания не только количеству, но и *качеству* производимого и потребляемого продовольствия. Подход «Сохранить и приумножить» способствует диверсификации производства в мелких фермерских хозяйствах с включением мяса, молочных продуктов, птицы и рыбы – пищевой продукции с высоким содержанием и биодоступностью разнообразных питательных веществ в целях устранения их дефицита, а также бобовых, фруктов и листовых овощей. Диверсификация повышает доступность более широко-

го набора высокопитательных продуктов, непосредственно способствуя обеспечению семейной продовольственной безопасности и полноценного питания³¹.

И наконец, более высокий уровень производительности в мелких фермерских хозяйствах – ключ к справедливому, широкомасштабному социально-экономическому развитию сельских районов. Он увеличивает доход производителей и спрос на рабочую силу, диверсифицирует источники дохода домохозяйств, улучшает доступ к продовольствию и благоприятствует развитию сельской экономики. Эмпирические данные свидетельствуют о том, что рост сельскохозяйственного производства во многих странах с дефицитом ресурсов и низким уровнем дохода может в 5 раз эффективнее способствовать сокращению голода и бедности, чем рост в других секторах⁸².

Настало время восстановить приверженность человечества выращиванию зерновых культур. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций уверена в том, что парадигма «Сохранить и приумножить» – это путь вперед, фактически единственный реалистичный способ устойчивого повышения производства кукурузы, риса и пшеницы. В *главе 2* этой книги описаны компоненты, практики и технологии сельскохозяйственной системы по модели «Сохранить и приумножить» и приведен обзор хода их внедрения мелкими производителями зерновых в развивающихся странах. В *главе 3* представлены примеры действующих комплексных сельскохозяйственных систем, позволяющих «сохранять и приумножать», из различных развивающихся стран. В заключительной *главе 4* приведено краткое описание стратегических и институциональных рамок, а также инноваций в сфере технологий, обучения и наращивания потенциала, необходимых для эффективного распространения полезных уроков из опыта национальных и региональных программ.



Глава 2

На пути к устойчивому производству зерновых

По всему миру необходимо перестроить сельскохозяйственные системы в направлении устойчивой интенсификации. В области выращивания пшеницы этот переход уже начал, что ознаменовано внедрением компонентов и практических подходов модели «Сохранить и приумножить».

Сельскохозяйственные системы, действующие по модели «Сохранить и приумножить», повышают производительность растениеводства и диверсифицируют производство продуктов питания, одновременно восстанавливая и расширяя природный капитал и экосистемные услуги. Это осуществляется за счет повышения эффективности производственных затрат в сельском хозяйстве – включая воду, питательные вещества, энергоресурсы и рабочую силу – и устойчивости к воздействию абиотических, биотических и экономических стрессов, а также к изменению климата.

Устойчивая интенсификация с использованием модели «Сохранить и приумножить» дает целый ряд производственных, социально-экономических и экологических выгод для мелких фермеров и общества в целом; к таким выгодам относятся: высокая и стабильная урожайность и прибыльность; повышение доходов и улучшение средств к существованию жителей сельских районов; расширение доступности и рост потребления разнообразных пищевых продуктов, необходимых для здорового питания; адаптация и снижение уязвимости к изменению климата и другим негативным внешним воздействиям; улучшение функционирования экосистем и экосистемных услуг; сокращение выбросов парниковых газов и уменьшение «углеродного следа» в сельскохозяйственном секторе¹.

Более того, модель «Сохранить и приумножить» будет способствовать глобальному переходу к устойчивому производству продовольствия и сельскому хозяйству, которое обеспечивает продовольственную безопасность, предоставляет экономические и социальные возможности, защищает и улучшает экосистемные услуги, влияющие на сельское хозяйство².

В основе сельскохозяйственных систем, действующих по модели «Сохранить и приумножить», лежат пять взаимодополняющих компонентов и соответствующие им практические подходы¹:

- ◆ **Ресурсосберегающее земледелие (РЗ)**, предусматривающее минимальное повреждение почвы, использование мульчи, чередование культур и интеграцию производства зерновых, выращивания деревьев и разведения животных.
- ◆ **Здоровье почвы**, достигаемое за счет комплексного регулирования питания почвы, стимулирует рост культур, которое укрепляет устойчивость к стрессам и обеспечивает более высокую эффективность производственных затрат.
- ◆ **Улучшенные культуры и сорта**, адаптированные для маломасштабных фермерских хозяйств, высокоурожайные, обладающие повышенной питательностью и устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам.
- ◆ **Рациональное использование водных ресурсов** по принципу «поливай меньше, собирай больше», которое повышает эффективность использования энергии и рабочей силы и помогает сокращать загрязнение воды, связанное с сельскохозяйственной деятельностью.
- ◆ **Комплексная борьба с вредителями (КБВ)** с использованием эффективных агротехнических приемов, более устойчивых сортов растений, природных врагов вредителей, и, при необходимости, с рациональным применением относительно более безопасных пестицидов.

При подготовке данной публикации ФАО провела детальный обзор хода внедрения устойчивых, ресурсосберегающих подходов мелкими производителями кукурузы, риса и пшеницы в развивающихся странах. Обзор подтвердил недавние выводы, показывающие, что за последние два десятилетия именно мелкие фермеры в развивающихся странах предприняли наиболее существенные шаги на пути к устойчивой интенсификации³.

В данной главе описаны все компоненты сельскохозяйственной модели «Сохранить и приумножить» и соответствующие им приемы, а также приведены примеры их успешного применения в маломасштабном производстве зерновых. При этом отдельные компоненты и приемы следует рассматривать только в качестве *составных элементов*, необходимых для обеспечения устойчивого производства трех основных зерновых культур. В то время как каждый из этих элементов вносит свой вклад в достижение устойчивости, максимальной выгоды можно достичь, лишь полноценно интегрировав все описанные ниже компоненты в системы ведения сельского хозяйства по модели «Сохранить и приумножить» (см. главу 3).

Ресурсосберегающее земледелие

Модель «Сохранить и приумножить» включает три ключевых приема ресурсосберегающего земледелия (РЗ) – подхода, который внедрен на площади около 155 млн га сельскохозяйственных угодий по всему миру⁴.

Во-первых, фермеры исключают или ограничивают механическое воздействие на почву. Чрезмерная культивация земли с использованием плуга, бороны или мотыги нарушает защитный органический покров, уничтожает почвенную биоту, вызывает быстрое разложение органического вещества, истощает плодородие почвы и приводит к деградации ее структуры. Во-вторых, на поверхности почвы постоянно сохраняют сидерат или мульчу, что способствует снижению эрозии, увеличению инфильтрации воды, сохранению почвенной влаги, подавлению роста сорняков и распространению почвенной биоты, которая содействует здоровью почвы и развитию сельскохозяйственных культур. В-третьих, фермеры поддерживают снабжение культур питательными веществами, уменьшают ущерб от вредителей и болезней и способствуют общей стабильности системы путем совместного и поочередного выращивания более широкого круга видов и сортов растений и по мере целесообразности включают в производственные системы элементы лесоводства, животноводства и аквакультуры¹.

Ресурсосберегающее земледелие способствует улучшению здоровья почвы и накоплению углерода, уменьшению угрозы вредителей, патогенов и эрозии, увеличивает доступность воды и питательных элементов, что повышает устойчивость культур к высоким температурам, засухе и наводнениям, улучшает экосистемные услуги и содействует ослаблению процессов изменения климата. Оно также снижает издержки производства за счет экономии на технике, рабочей силе, органическом топливе, орошении, минеральных удобрениях и пестицидах. Однако ресурсосберегающее земледелие не является универсальным, годным для всех случаев подходом – методы, используемые для реализации его ключевых практик, варьируются в зависимости от сельскохозяйственных культур и местных условий⁵⁻⁹.

За последние двадцать лет на значительных территориях производства кукурузы и пшеницы пахотная обработка земли существенно сократилась, а в некоторых случаях сведена к нулю. На Индо-Гангской равнине фермеры, выращивающие пшеницу, практически отказавшись от вспашки, не только стали получать более высокие урожаи зерна, но и смогли эффективно сохранять почву и водные ресурсы. В этом регионе нулевая обработка почвы считается наиболее успешной ресурсосберегающей технологией^{10,11} (см. главу 3, стр. 58). Она позволила не только увеличить на 7% средние показатели урожайности, но и сэкономить до 30

дней труда и 52 долл. США на гектар при подготовке земли, а также повысить средний показатель чистого дохода на 97 долл. США с гектара [рис. 2.1]¹².

В Марокко, где интенсивное земледелие с глубокой вспашкой и переворачиванием пластов грунта влекло за собой быструю деградацию и снижение плодородия почвы, в настоящее время на различных почвах применяются ресурсосберегающие системы выращивания пшеницы, в результате чего повысились урожаи и производительность вносимых ресурсов. Нулевая обработка почвы применяется при выращивании других озимых культур и орошаемых полевых культур, а также в севообороте с бобовыми и масличными культурами¹³.

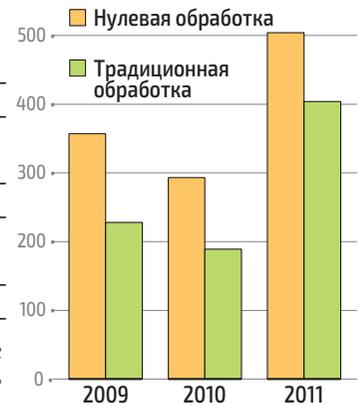
Об успехе нулевой и щадящей обработки почвы при производстве кукурузы свидетельствует повсеместное внедрение в Латинской Америке системы земледелия, основанной на применении мульчи и прямого посева. За последние десятилетия площадь районов, в которых на постоянной основе используется этот подход, увеличилась и ныне составляет в Бразилии, Парагвае и Аргентине более 50% всех возделываемых площадей^{4, 14}. В странах Африки к югу от Сахары ресурсосберегающие системы выращивания кукурузы позволяют удерживать больше почвенной влаги во время сезонных периодов засухи и являются более продуктивными в сравнении с традиционными методами обработки почвы с использованием плуга, бороны и мотыги¹⁵.

В тропических странах Азии значительная часть риса продолжает производиться в сезон дождей, когда земля слишком насыщена влагой для других основных культур. Однако традиционная для Азии практика высадки риса на взмученную почву требует больших затрат труда, воды и энергии. При комбинированном выращивании риса и пшеницы она также вызывает задержку сева пшеницы и повреждает структуру почвы. Ввиду снижающейся доступности рабочей силы и водных ресурсов многие фермеры, использующие системы орошаемого рисоводства, переходят к сухому посеву риса и нулевой обработке почвы, что исключает взмучивание. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что, в сравнении с производством на взмученных полях, сухой посев позволяет расходовать на 33% меньше воды и снижает издержки производства не менее чем на 125 долл. США на гектар¹⁶.

В Азии масштабы внедрения сухого посева риса остаются весьма неравномерными, но есть успешные примеры: в одной из областей на северо-востоке Индии данной стратегии следуют свыше 50% фермеров¹⁷. Усилия по внедрению ресурсосберегающего рисоводства в Индии опираются на разработанные в регионе новые технологии выравнивания земель, борьбы с сорняками и рядового посева, при котором удобрения и семена риса вносят в почву на оптимальную глубину¹⁶.

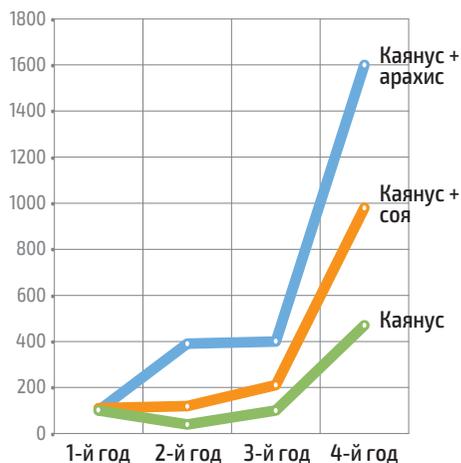
В сельскохозяйственных системах, основанных на модели «Сохранить и приумножить», зерновые рассматриваются не в качестве монокультур, а как составляющие элементы чередования культур и смешанного сельского хозяйства. Мелкие фермеры в условиях неблагоприятной окружающей среды традиционно чередовали культуры и кормовые виды деревьев и интегрировали земледелие и животноводство с целью сократить риск неурожая. В более крупных масштабах диверсификация повышает устойчивость сельскохозяйственных систем, сокра-

Рисунок 2.1 Чистая прибыль при культивировании пшеницы в условиях нулевой и традиционной обработки почвы, Харьяна, Индия (долл. США/га)



Источник: адаптировано из таблицы 5, стр. 13¹²

Рисунок 2.2 Численность фермеров, включивших бобовые в систему выращивания кукурузы по итогам полевых испытаний, Эквендени, Малави



Источник: адаптировано из рисунка 2, стр. 446²⁴

щает потери от определенных биотических и абиотических стрессов, оказывающих негативное влияние на генетически однородные монокультуры¹⁸.

У диверсификации производства есть и другие преимущества: она расширяет возможность использования растительных остатков в качестве поверхностной мульчи и восстанавливает произведенные на ферме питательные и органические вещества через животные удобрения. При условии доступности рынков для других произведенных сырьевых товаров она также позволяет производителям зерна диверсифицировать источники дохода.

Пшеница выращивается в чередовании с другими культурами во всех регионах производства. Система орошаемого выращивания пшеницы в чередовании с хлопком применяется примерно на 1,4 млн га в Индии и 2,6 млн га в Пакистане¹⁹. Важную роль играют аналогичные системы в Египте, Таджикистане, Турции и Узбекистане. В Южной Азии из-за позднего сбора урожая хлопка посадка пшеницы традиционно сдвигалась на конец

декабря, что, в свою очередь, подвергало пшеницу тепловому стрессу в период созревания зерна в конце апреля – в мае. Это препятствие преодолено благодаря смене подхода: пшеницу высевают в то время, когда хлопок еще не собран, без обработки земли, что позволяет проводить сев раньше на срок вплоть до 44 дней и увеличить урожайность на 40%^{20, 21}.

На просторах Северо-Китайской равнины система чередования пшеницы и кукурузы позволяет выращивать свыше 50% производимой в стране пшеницы и около 33% кукурузы²². В Индии наиболее продуктивные и выгодные системы чередования пшеницы и кукурузы основаны на использовании невспахиваемых гребней, которые засевают путем прямого посева семян через слой растительных остатков²³. Чередование пшеницы с зернобобовыми – включая нут, чечевицу и конские бобы – все больше практикуется в богарных областях производства пшеницы, особенно на землях с низким уровнем азота, что характерно для Западной Азии и Северной Африки. Бобовые диверсифицируют производство, обогащают землю посредством биологической фиксации азота, повышают эффективность использования воды и нарушают жизненный цикл сорняков, вредителей и возбудителей болезней.

В последние годы многие мелкие фермеры в странах юга Африки возродили традиционную практику выращивания кукурузы вместе с бобовыми, такими как арахис, соя и каянус [рис. 2.2]²⁴⁻²⁶. Бобовые нередко ценятся в большей степени как источник продовольствия и дохода, а не за вклад в плодородие почвы – однолетние бобовые, используемые исключительно в качестве зеленого удобрения, почти не находят применения.

Чередование кукурузы с другими культурами, как и ее включение в системы агролесоводства и животноводства, хорошо отлажено и представляется особенно перспективным для повышения эффективности использования ресурсов²⁷. В районах саванны в Африке фермеры часто выращивают кукурузу под кроной одного из видов акации – файдхербии беловойтой (*Faidherbia albida*), которая сбрасывает богатые азотом листья, обеспечивающие мульчу – естественное удобрение и корм для скота (см. главу 3, стр. 71). Развитие «РЗ с деревьями» помогло

распространению ресурсосберегающих методов ведения сельского хозяйства в агроживотноводческих системах в странах Африки к югу от Сахары²⁸.

Внедрение методов выращивания кукурузы с нулевой обработкой почвы в чередовании с соей обусловило повсеместное распространение РЗ в Бразилии. Там, в зонах тропической саванны, кукурузу выращивают между рядами деревьев в первые два-три года после их посадки. Затем эти участки засевают совместно кормовыми культурами и кукурузой. Как только формируется пастбище, на него запускают скот, который пасется там до сбора урожая^{29, 30} (см. главу 3, стр. 55). Такая диверсификация ослабляет негативное влияние климатических колебаний и непостоянства рынка на доходы фермеров. Она также сокращает вырубку леса для нужд сельского хозяйства, защищает биоразнообразие, сдерживает эрозию почвы, улучшает ее структуру и повышает плодородие³¹⁻³².

Становятся все более разнообразными системы рисоводства. За два последних десятилетия в Бангладеш стремительно распространилась система чередования риса и кукурузы в севообороте³³. Выращивание картофеля с нулевой обработкой почвы распространяется в районах затопляемого рисоводства Вьетнама, где рисовые чеки дренируют через борозды и на образовавшиеся гряды высаживают семенные клубни картофеля. В почву вокруг клубней добавляют удобрение, и затем гряды накрывают соломой, оставшейся после сбора риса³⁴. Во внутриматериковых долинах Западной Африки фермеры также диверсифицируют рисоводческие системы, включая в них овощеводство³⁵.

В Азии производство риса интегрировано с рыбоводством и животноводством. Аквакультура в канавах, вырытых вокруг рисовых полей, повышает производительность риса, увеличивая снабжение растений питательными веществами, и обеспечивает фермерские семьи дополнительным источником питательных пищевых продуктов³⁶. В Бангладеш фермеры выращивают кукурузу и слоновую траву между двумя основными сезонами выращивания риса, что является эффективным способом производства продуктов питания, получения денежного дохода и корма для скота, особенно там, где не хватает земельных ресурсов. В одном из районов система «рис–кормовые» дала фермерам среднюю чистую прибыль в сумме 2630 долл. США с гектара, в сравнении с 1815 долл. США при выращивании одного лишь риса³⁷.

Здоровье почвы

Здоровье почвы определяется ее способностью функционировать в качестве живой системы, которая позволяет поддерживать нормальную жизнедеятельность и продуктивность растений и животных, а также сохраняет или улучшает качество воды и воздуха³⁸. В рамках модели «Сохранить и приумножить» здоровье почвы имеет важное значение для эффективного использования растением природных и внешних производственных ресурсов. Оно повышает устойчивость сельскохозяйственных культур к абиотическим и биотическим стрессам, которые будут обостряться в результате изменений климата.

Для того чтобы сельскохозяйственные почвы можно было считать здоровыми, необходимо управлять почвенной биотой такими методами, которые позволяют не только поддерживать развитие надежной корневой системы и рост растений, но и обеспечить преобладающую часть экосистемных услуг, свойственных ее естественному состоянию. Чрезмерная, интенсивная культивация разрушает структуру земли, размельчая почвенные агрегаты, уменьшая содержание орга-

нических веществ и пористость и подрывая соответствующие функции почвы: инфильтрацию, удержание и высвобождение влаги и питательных веществ⁶.

Ряд приемов передовой сельскохозяйственной практики способствует улучшению здоровья почвы, повышает ее плодородие и увеличивает как урожайность культур, так и долгосрочную устойчивость. Эти приемы включают разумное применение минеральных и органических удобрений и почвозащитных методов, в том числе нулевую обработку, использование растительных остатков в качестве мульчи и применение смешанных видов зеленого удобрения.

Многие ключевые регионы выращивания риса, пшеницы и кукурузы остро нуждаются во внедрении данных методов ведения сельского хозяйства для устранения дефицита макро- и микроэлементов и повышения уровней почвенного органического углерода (ПОУ)^{39, 40}. Воссоздание запасов углерода является дорогостоящим в плане времени и вносимых ресурсов, таких как органические удобрения. Поэтому крайне важно поддерживать значения ПОУ выше критических порогов, соблюдая рекомендации модели «Сохранить и приумножить», касающиеся здоровья почвы.

Рисунок 2.3 Влияние обработки почвы и использования растительных остатков на урожайность кукурузы, объемы биомассы и запасы углерода в почве, Ла-Тинайя, Мексика (т/га)



Источник: адаптировано из таблиц 4–6, стр. 429⁴⁴

Исследования, проведенные в районах выращивания пшеницы в Марокко, показали, что в отличие от пахотных земель участки под нулевой обработкой почвы и при сохранении пожнивных остатков на поверхности характеризовались более высоким содержанием почвенного органического углерода и увеличенными водостойкими почвенными агрегатами^{13, 41, 42}. По данным исследований интенсивных систем «рис–пшеница» и «кукуруза–пшеница» на Индо-Гангской равнине, применение методов РЗ позволило значительно улучшить физические и химические свойства почвы⁴³.

В кукурузоводческих системах на западе Мексики выращивание данной культуры методом прямого посева – с использованием растительных остатков в качестве мульчи – принесло ощутимые выгоды для здоровья почвы, в основном благодаря уменьшению потерь воды за счет стока и снижения почвенной эрозии. За пятилетний период уровень почвенного углерода повысился примерно на 30%, а урожай кукурузы почти удвоился |рис. 2.3|⁴⁴.

Существуют давние традиции выращивания бобовых перед зерновыми культурами или одновременно с ними, для того чтобы улучшить продуктивность и здоровье почвы. За счет биологической фиксации азота бобовые привносят в почву ежегодно до 300 кг азота на гектар, в результате выращивание пшеницы после бобовых способствует повышению урожайности (см. главу 3, стр. 52). В Мексике бобовые при чередовании с кукурузой способствуют образованию органических веществ и азота, что позволяет увеличить урожай кукурузы на 25% (см. главу 3, стр. 64).

На острове Ломбок, Индонезия, пограничные валики на рисовых плантациях засаживают деревьями Сесбания крупноцветковая (*Sesbania grandiflora*), которые среди всех бобовых деревьев обладают наибольшей питательной ценностью. Опадающая листва этих растений богата азотом, что способствует повышению уровня углерода в почве и росту урожайности. Такая практика начинает распространяться и в других районах Азии⁴⁵. В Уганде, где нехватка почвенного углерода является главным сдерживающим фактором для систем фермерского

хозяйства, выращивание бархатных бобов перед рисом позволило повысить урожайность риса с 1,5 тонны до 2,3 тонны с гектара, что в точности соответствовало эффекту внесения минеральных удобрений⁴⁶.

Органические и неорганические удобрения играют важную роль в поддержании здоровья и продуктивности почв. Восьмилетнее исследование системы «рис–пшеница» в Индии показало, что совместное использование стойлового навоза (смесь жидкого навоза и растительных остатков) и сидерата в объеме от 5 до 6 тонн на гектар, вкупе с 90 кг азота в виде минерального удобрения, поддерживает урожайность пшеницы, при этом сокращая применение минеральных удобрений вдвое⁴⁷.

В странах Африки к югу от Сахары минеральные удобрения часто слишком дороги для фермеров, поэтому многие из них внедряют «комплексные меры поддержания плодородия почвы», которые дополняют синтетические питательные вещества органическими и предусматривают: улучшение переработки отходов и компостирования растительных остатков; использование животных удобрений; инкорпорацию зернобобовых, деревьев и кустарников путем совместного выращивания, чередования и использования приемов агролесоводства^{48, 49}.

В сельскохозяйственных системах, объединяющих растениеводство и животноводство, корм для скота нередко составляется из местных ресурсов, таких как пастбища, растительные остатки, кормовые деревья и кустарники. Через выделяемые скотом экскременты воспроизводятся питательные и органические вещества, что способствует поддержанию структуры и плодородия почвы. Смешанное сельское хозяйство повышает производительность и позволяет фермерам экономить деньги за счет интенсификации питательного и энергетического циклов.

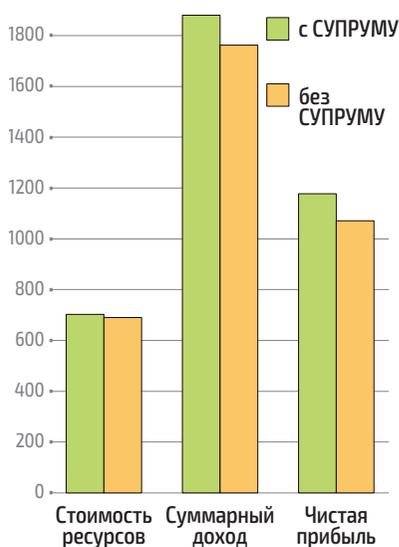
Однако органические удобрения не всегда доступны в необходимых количествах, и значительные различия в содержании питательных веществ не позволяют фермерам точно рассчитать уровень применения. На основе исследования 450 кукурузоводческих хозяйств в Зимбабве, где обширные территории постоянно испытывают дефицит почвенного азота и фосфора, был сделан вывод, что пользу от ресурсосберегающего земледелия в плане повышения урожая можно в полной мере получить только при дополнительном использовании минеральных удобрений⁵⁰. Более рациональное применение минеральных удобрений, включая правильные дозировки и время внесения, а также улучшение агротехнической практики крайне необходимы для повышения эффективности подкормки, то есть увеличения выхода зерна на единицу примененных удобрений.

В Малави фермерам-кукурузоводам, получающим консультативную помощь по вопросам борьбы с сорняками, севооборота и сроков внесения подкормки, нередко удается при том же количестве удобрений более чем вдвое превысить средние урожаи зерна по стране⁵¹.

В рисоводстве эффективность использования удобрений заметно повысилась благодаря системе управления питанием растений с учетом местных условий (СУПРУМУ), которая позволяет оптимизировать использование питательных веществ, имеющихся в почве, и восполнять их дефицит с помощью минеральных удобрений⁵². По результатам полевых испытаний во Вьетнаме, Филиппинах и Индии, урожаи риса с гектара увеличились, соответственно, на 0,2 тонны, 0,3 тонны и 0,8 тонны. В Филиппинах у фермеров, использующих СУПРУМУ, чистая прибыль с гектара составила на 10% больше, чем у тех, кто не применял эту стратегию |рис. 2.4|⁵³.

В южных штатах Индии переход на СУПРУМУ позволил хлеборобам сокра-

Рисунок 2.4 Экономический эффект системы управления питанием растений с учетом местных условий (СУПРУМУ) для орошаемого рисоводства, Центральный Лусон, Филиппины (долл. США / га/год)



Источник: адаптировано из таблицы 9, стр. XX, и таблицы 10, стр. 21⁵³

тить применение удобрений, и при этом урожаи зерна были на 23% выше, чем при использовании стандартно рекомендуемых уровней внесения подкормок⁵⁴. Было продемонстрировано, что управление питанием растений с учетом местных условий дает полезный эффект и при выращивании кукурузы. Во Вьетнаме, Индонезии и Филиппинах фермеры получили рост урожайности от 0,9 до 1,3 тонны с гектара⁵³.

Питательные микроэлементы, такие как кальций, магний, сера, железо и цинк, играют важную роль в улучшении здоровья почвы, повышении урожайности культур и питательной ценности зерна. Фактические данные подтверждают, что использование удобрений, содержащих питательные микроэлементы, значительно улучшает как питательные качества культур, так и урожайность, производство биомассы и устойчивость к воздействию вредителей, болезней и засухи⁵⁵.

Последние технологические инновации способствуют улучшенному регулированию использования питательных веществ в системах выращивания кукурузы, риса и пшеницы. В рамках подхода СУПРУМУ Международный научно-исследовательский институт риса (МНИИР) и его партнеры помогли внедрить в Бангладеш недорогую пластиковую карту со шкалой цвета листьев, которая позволяет рисоводам определить время внесения мочевины для получения максимальной выгоды. Для того чтобы не приходилось неоднократно вносить мочевины вразброс и в больших объемах в течение сезона вегета-

ции, фермеры сравнивают цвет листьев риса со шкалой, каждый цвет в которой соответствует определенному уровню дефицита азота. Благодаря применению таких карт использование мочевины сокращается примерно на 20% при росте урожайности на величину вплоть до 31%. Общая прибыль оценивается в 22,8 млн долл. США^{52, 56}.

Дальнейшее повышение эффективности в Бангладеш было достигнуто за счет использования более точного «глубокого размещения» брикетов мочевинового удобрения на глубине от 7 до 10 см. К 2012 году эту практику применяли более 400 000 рисоводов, результатом чего стало среднее увеличение урожайности на 250 кг с гектара, сокращение использования удобрений на 7000 тонн и экономия государственных субсидий на закупку удобрений в размере 1,6 млн долл. США⁵⁷.

Эффективность применения удобрений заметно повысилась с использованием ручного оптического сенсора и алгоритма урожайности, который в режиме реального времени позволяет измерять жизненную мощность растущей пшеницы и определять необходимый уровень применения азотсодержащих веществ. В Мексике основанное на применении сенсора управление азотом позволило снизить внесение удобрений на стадии посадки и раннего роста, а также определять параметры данного процесса на дальнейших стадиях роста и созревания⁵⁸. На Индо-Гангской равнине та же система использовалась наряду с применением ресурсосберегающего земледелия, что позволяло снизить расход удобрений и в то же время получать более высокие урожаи пшеницы и сокращать масштабы не-сельскохозяйственного воздействия на окружающую среду⁵⁹.

Улучшенные культуры и сорта

Другим важным способом повышения продуктивности кукурузы, риса и пшеницы является использование улучшенных сортов. Сельскохозяйственные системы, действующие по принципу «Сохранить и приумножить», требуют применения более продуктивных сортов, которые эффективнее используют питательные вещества и воду, лучше противостоят насекомым-вредителям и болезням, а также устойчивы к засухам, наводнениям и высоким температурам. Кроме того, необходимы сорта, адаптированные к менее благоприятным районам и системам производства, позволяющие производить продукцию с более высокой питательной ценностью и помогающие улучшить предоставление экосистемных услуг.

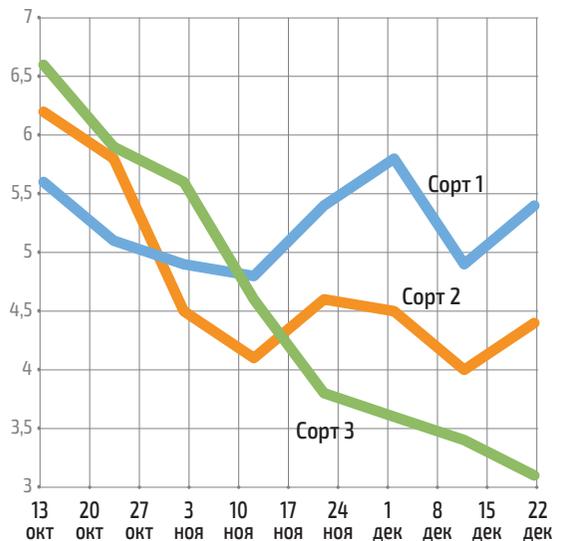
Новые культуры и сорта могут быть задействованы в разных агроэкологических системах, где также играют важную роль связанные с ними формы биоразнообразия: домашний скот, опылители, естественные враги вредителей, почвенные организмы и азотфиксирующие деревья. Пригодные для модели «Сохранить и приумножить» сорта должны обладать способностью адаптироваться к меняющимся методам производства и к условиям комплексной борьбы с вредителями¹.

В условиях изменения климата весьма важной чертой зерновых культур, особенно в тропиках, станет устойчивость к жаре и засухе⁶⁰. В рамках реализованного под эгидой СИММИТ проекта «Засухоустойчивая кукуруза для Африки» разработаны сорта, в том числе гибридные, которые в условиях засухи дают на 25% больше урожая, чем стандартные коммерческие сорта. Некоторые из них также жароустойчивы и дают урожаи на 27% выше в сравнении с коммерческими сортами⁶¹. В ряде стран представлен к применению жароустойчивый сорт пшеницы, созданный на основе зародышевой плазмы, хранящейся в СИММИТ и Международном центре сельскохозяйственных исследований в засушливых районах (ИКАРДА). Поддерживаемая СИММИТ сеть по улучшению пшеницы изучает возможность разработки высокоурожайных сортов пшеницы, которые смогут успешно развиваться в условиях все более жарких летних сезонов в Казахстане (см. главу 3, стр. 75).

Сорта, которые дают высокий урожай за более короткий срок вегетации, менее подвержены риску температурного стресса, который характерен для конечных отрезков сезона, и играют важную роль в развитии севооборота трех ключевых культур. В Южной Азии посадка скороспелых сортов риса в сезон муссонных дождей позволяет проводить более ранний последующий сев пшеницы, кукурузы и других культур, выращиваемых в сухой сезон. Кроме того, селекционеры выводят сорта пшеницы, которые пригодны для более раннего сева [рис. 2.5]⁶².

В Бангладеш выращивание высокоурожайных гибридных сортов кукурузы в течение сухого сезона зарекомендовало себя как удачная практика для адаптации к более высоким температурам и растущему дефициту воды (см. главу 3, стр. 79).

Рисунок 2.5 Урожайность элитных сортов пшеницы в зависимости от сроков посева, Бихар и Мадхья-Прадеш, Индия (т/га)



Источник: адаптировано из рисунка 16, стр. 23⁶²

Другим ожидаемым последствием изменения климата являются более частые наводнения, что представляет особую угрозу рисоводству в Азии⁶³. Недавно выведенные специалистами МНИИР сорта «Суб-1», которые выдерживают погружение в воду на срок до 18 дней, благодаря активной государственной поддержке внедрялись фермерами с беспрецедентной скоростью⁵². Для условий Индо-Гангской равнины выведены сорта кукурузы, устойчивые ко многим типам стрессов, успешно переносящие как засуху, так и заболачивание⁶¹.

Сорта, стойкие к биотическим стрессам, – это наиболее благоприятное в экономическом и экологическом плане средство противостояния растущим проблемам, связанным с вредителями и болезнями растений. Для преодоления угрозы Ug99, высоковирулентной разновидности стеблевой ржавчины пшеницы, специалисты СИММИТ, ИКАРДА и национальных систем сельскохозяйственных исследований создали устойчивые генетические материалы, которые были инкорпорированы в высокоурожайные сорта и применяются во многих странах⁶⁴. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) и ФАО в сотрудничестве с рядом стран вывели мутантные сорта пшеницы, устойчивые к этой болезни⁶⁵.

Исследовательский центр AfricaRice выработал и содействовал широкому распространению сортов «Новый рис для Африки», в которых высокая урожайность и другие характеристики азиатского риса сочетаются со свойственной африканским видам сопротивляемостью к сорняку-паразиту стриге – опасному вредителю риса и кукурузы в регионе^{66, 67}. Для выработки устойчивости к пирикулярриозу, опасной грибковой болезни риса, специалисты МНИИР соединяют в геноме одного типа риса различные расспецифичные гены. Совместная посадка разных сортов риса также может быть эффективным методом контроля пирикулярриоза. В Китае выращивание клейкого риса вместе с гибридом, устойчивым к пирикулярриозу, предотвращает образование грибковых спор, что позволяет значительно сократить использование пестицидов⁶⁸.

Другой весьма перспективной областью селекции является биофортификация, которая повышает питательную ценность продовольственных культур путем улучшения генетических качеств. В рамках программы «Харвест Плюс», осуществляемой под эгидой Консультативной группы по международным сельскохозяйственным исследованиям (КГМСХИ), поддерживается работа по биофортификации семи культур, включая кукурузу, рис и пшеницу. В Бангладеш выведены первые в мире сорта риса, богатые цинком, а в Африке свыше 500 000 домохозяйств потребляют богатые витамином А сорта кукурузы⁶⁹. Выведен сорт кукурузы Quality Protein Maize со значительно повышенной питательной ценностью, содержащий почти вдвое больше белка, чем обычные сорта^{70, 71}.

Для разработки сортов, пригодных для сельскохозяйственных систем, работающих по модели «Сохранить и приумножить», селекционерам необходим максимально широкий доступ к источникам требуемых качеств, которые можно найти в коллекциях зерновых в генобанках, в местных сортах на фермерских полях и в диких родичах сельскохозяйственных растений. Следует более интенсивно изучать и систематизировать генетические ресурсы зерновых, выявляя признаки, подходящие для сельскохозяйственных экосистем, и включая их в селекцию сельскохозяйственных культур⁷². К примеру, местные сорта пшеницы могут нести важные для устойчивости к засухе генетические признаки, такие как большой объем биомассы, которые могут в значительной степени улучшить адаптацию зерновых к глобальному изменению климата⁷³.

Другая набирающая силу тенденция в селекции – улучшение компонентов систем совместного выращивания зерновых. Недавние исследования дали более глубокое понимание взаимодействий между генотипами и видами культур, включая механизмы противостояния вредителям и болезням. Благодаря селекции, которая комбинирует признаки разных растений в целях общего повышения характеристик сортов, совмещение культур может обеспечить долгосрочную устойчивость производства продовольствия во многих регионах мира при низких затратах ресурсов^{74, 75}.

Также растет интерес к генетическим улучшениям питательных качеств растительных остатков зерновых. Мелкие фермеры в Центральной Америке и странах Африки к югу от Сахары после сбора урожая кукурузы обычно используют большую часть листьев и стеблей растений в качестве корма для скота. Исследования, проведенные в Мексике, свидетельствуют о том, что коллекции зародышевой плазмы имеют значительный незадействованный потенциал для улучшения пищевой ценности кормов из кукурузной соломы, что позволит фермерам сохранять больше остатков на полях в качестве растительного покрова почвы⁷⁶.

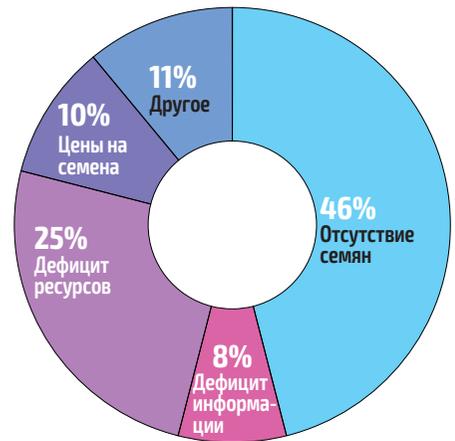
Совмещение методов ресурсосберегающего земледелия с применением улучшенных сортов, которые более эффективно используют воду и питательные вещества, улучшит суммарные показатели продуктивности и прибыльности в большинстве систем растениеводства. Применение сортов с большей эффективностью использования удобрений может снизить потери питательных веществ удобрений с полей, которые в настоящее время составляют до 50% внесенного азота и 45% фосфора^{77, 78}.

Выведение более продуктивных, эффективных и питательных зерновых культур должно подкрепляться деятельностью формальных семеноводческих систем, которые обеспечивали бы быстрое размножение улучшенных семян и их поставку мелким фермерам, а также фермерскими инициативами по сохранению и улучшению местного агробιοразнообразия. Как формальным, так и общинным семеноводческим системам принадлежит важная роль в распространении сортов зерновых, пригодных для производства согласно модели «Сохранить и приумножить»¹.

Во многих странах недостаточное развитие эффективных семеноводческих систем не позволяет фермерам внедрять новые сорта [рис. 2.6]. Производство семян имеет особенно важное значение для гибридов перекрестноопыляемых культур, таких как кукуруза. Наблюдается растущая тенденция формирования государственно-частных партнерств в целях улучшения снабжения семенами. В Китае частный сектор производит и реализует семена гибридного сорта риса, созданного в государственном секторе⁷⁹; в Индии и других странах частный сектор начинает производить и продавать семена пшеницы.

Бразильская корпорация по сельскохозяйственным исследованиям (EMBRAPA) выступила с инициативой установления партнерских отношений с частным сектором, с тем чтобы реализовывать свои гибридные сорта кукурузы и

Рисунок 2.6 Основные препятствия для внедрения засухоустойчивых сортов кукурузы мелкими фермерскими хозяйствами в Эфиопии*



* Результаты опросного обследования фермерских домохозяйств

Источник: адаптировано из Fisher, M., Abate, T., Lunduka, R., Asnake, W., Alemayehu, Y. & Madulu, R. 2015. Drought tolerant maize for farmer adaptation to drought in sub-Saharan Africa: Determinants of adoption in eastern and southern Africa. *Climate change*. DOI 10.1007/s10584-015-1459-2. рисунка 2.

одновременно накапливать ресурсы для дальнейшего проведения НИОКР⁸⁰. В 2014 году проект «Засухоустойчивая кукуруза для Африки» в партнерстве примерно со 110 частными и государственными семеноводческими компаниями, НПО и фермерскими организациями способствовал производству и поставкам около 40 000 тонн улучшенных семян кукурузы⁸¹.

Пшеница является самоопыляемым растением, поэтому собранные семена с предыдущего урожая сохраняют ведущую роль, и уровень сортового замещения низок, особенно в богарных и отдаленных районах. Для расширения доступа к улучшенным сортам ИКАРДА оказал поддержку национальным партнерам в ускорении тестирования и выпуска сортов, устойчивых к ржавчине. Ускоренное размножение и крупномасштабное производство семян вкупе со страновыми программами и деятельностью фермерских групп позволило поставить хлеборобам 80 000 тонн сертифицированных семян⁸².

Общинные семенные фонды и сети служат дополнением к формальным семеноводческим системам, помогая сохранять и улучшать семенной материал, получаемый из разнообразных источников, в том числе путем обмена между фермерами и с местных рынков. Общинная селекция и размножение зерновых сортов, конкурентных в плане урожайности и хорошо приспособленных к местным условиям, дают мелким фермерам более широкий, чем обычно, доступ к посадочному материалу, что способствует как обеспечению продовольственной безопасности, так и сохранению агробиоразнообразия. Фермерские сорта также дают исходный материал для формальных программ улучшения сельскохозяйственных культур – некоторые общинные семенные фонды созданы в сотрудничестве с институтами селекции растений⁸³.

В Западной Африке, где разработка новых сортов осуществляется медленно, одна из организаций женщин-фермеров специализируется на производстве суперэлитных и сертифицированных семян ароматических сортов риса, выращиваемых в долине реки Сенегал⁵². В Непале⁸⁴ и Тиморе-Лешти⁸⁵ деятельность общинных семеноводов способствовала ускорению производства и поставки семян кукурузы.

Эффективное водопользование

Во многих районах производства зерновых в мире усиливается конкурентная борьба за водные ресурсы. Нерациональное использование воды в растениеводстве истощило подземные водоносные горизонты и уменьшило объемы речного стока, в бассейнах многих рек недостаточно воды для удовлетворения запросов сельского хозяйства, промышленности и городских зон. Кроме того, чрезмерное применение минеральных удобрений и пестицидов подвергает загрязнению реки, озера и прибрежные районы, нанося вред наземным и водным экосистемам и здоровью людей⁸⁶.

С ростом конкуренции в спросе на пресную воду фермерам понадобится существенно улучшить продуктивность воды в своих сельскохозяйственных системах и сократить негативное влияние производства зерновых на качество почвы и поверхностных вод.

При снижении доступности и качества воды ни один из отдельно взятых подходов не позволит справиться с задачей увеличения сельскохозяйственного производства. Необходимо сочетать водосберегающие технологии в орошении, сбалансированное использование поверхностных и грунтовых вод и применение

надлежащих агротехнических и ресурсосберегающих практик, таких как нулевая обработка земли, удержание растительных остатков, гребневой посев и диверсификация сельскохозяйственных культур⁸⁷.

Международный научно-исследовательский институт по изучению культур полуаридных тропических зон (ИКРИСАТ) способствовал внедрению в богарных областях ряда водосберегающих практик, которые предусматривают сбор и сохранение поверхностных вод, восстановление растительности и другие стратегии формирования покрова почвы, а также помог оптимизировать регуляцию почвенных питательных веществ. В Индии резервуары для сбора дождевой воды, заполняемые во время муссонов, сокращают сток воды на 40% и потери почв на 50%, что позволяет повысить интенсивность растениеводства на 180%^{88, 89}. В Гондурасе введение мульчирования и других ресурсосберегающих методов удвоило урожайность пшеницы в системах сменной культивации, уменьшило эрозию почвы и повысило качество воды и ее доступность для последующих потребителей (см. главу 3, стр. 48).

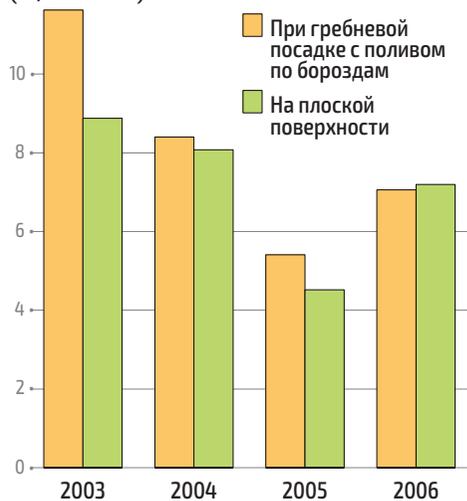
Системы гребневого посева повышают продуктивность воды при выращивании кукурузы в неорошаемых зонах. ИКРИСАТ популяризирует систему «широкие гребни и борозды», с технологией сохранения почвы *in situ*, а также методами удержания влаги и дренажа, которые подходят для глинистых почв, подверженных заболачиванию во время сезона дождей. Система предусматривает возможность посева до четырех рядов сельскохозяйственных культур с помощью прецизионных сеялок на наклонных гребнях, которые удерживают воду в почвенном профиле и отводят излишки в небольшие резервуары для дальнейшего использования⁹⁰.

Имеется ряд стратегий для повышения эффективности использования воды на неорошаемых площадях. Они включают применение методов ресурсосберегающего земледелия, которые уменьшают потери от испарения воды из почвы и улучшают ее влагоудерживающую способность. И хотя осуществить это непросто, при надлежащем уровне управления почвенными ресурсами и растениеводством можно добиться небольших, но долгосрочных улучшений. Сорты пшеницы с ранней интенсивностью вегетации, извлекающие более глубокие грунтовые воды, в определенной степени выдерживающие дефицит воды и приносящие более высокий процент зерна в урожае, обычно характеризуются более высокой эффективностью использования воды^{64, 91}. В настоящее время широкодоступны более эффективные сорта и гибриды риса и кукурузы. Адекватное содержание питательных веществ, особенно калия, также улучшает эффективность использования воды⁹².

В случае недостаточного уровня осадков практичным решением может быть сбор и хранение поверхностных стоков для дальнейшего использования в ограниченных количествах во время критических стадий роста культур. В Сирийской Арабской Республике такое дополнительное орошение от одного до трех раз в течение весны в количестве от 100 до 300 мм позволило увеличить урожайность пшеницы с 2 до 6 тонн с гектара и вчетверо повысить продуктивность воды – весьма существенный эффект для настолько небольшого объема воды⁶⁴.

Та же стратегия обеспечивает возможность раннего сева пшеницы, что позволяет избежать засухи и заморозков, случающихся позднее во время периода вегетации. Исследования в Турции и Исламской Республике Иран показали, что ранний сев пшеницы при дополнительном орошении от 50 до 70 мм увеличивает урожайность более чем на 2 тонны с гектара⁹³.

Рисунок 2.7 Эффективность использования воды при орошаемом выращивании нута совместно с кукурузой, Мадхья-Прадеш, Индия (кг/га на мм)



Источник: адаптировано из таблицы 7, стр. 469⁹⁸

Эффективность использования воды при орошении обычно не превышает 50%. В наибольшей степени эффективность водопользования можно повысить за счет применения оптимального для данной конкретной культуры или сорта объема воды в сочетании с передовыми методами управления⁹⁴.

По данным недавнего исследования, средний уровень производства риса на Индо-Гангской равнине составляет 0,7 кг зерна на кубометр использованной при орошении воды. Однако в индийском штате Пенджаб благодаря надлежащей ирригационной и дренажной инфраструктуре и использованию передовых методов управления продуктивность воды составила 1,5 кг на кубометр⁹⁵.

Выращивание на гребнях с поливом по бороздам, за счет чего вода поступает в почву между двумя рядами посадок, значительно увеличивает пористость почвы, содержание углерода и уровень инфильтрации, тем самым повышая эффективность использования воды пшеницей и другими сельскохозяйственными культурами⁶⁴. Применение методики нулевой обработки почвы может еще более усилить преимущества гребневого посева. В Египте

ИКАРДА и национальные институты способствовали продвижению методики гребневого посева в качестве компонента интегрированной производственной системы в дельте Нила. После внедрения рядовых сеялок и оптимизации управления растениеводством урожайность пшеницы выросла в целом на 25%, а эффективность использования воды – более чем на 50%⁹⁶.

В Пакистане фермеры сообщили об увеличении урожая кукурузы на 30–50% при выращивании на не вспаханных гребнях с поливом по бороздам, в сравнении с посевом на ровной орошаемой поверхности⁹⁷. В Индии эта система позволила фермерам повысить урожайность с единицы площади угодий путем совместного выращивания кукурузы с нут, каянусом и соей [рис. 2.7]⁹⁸.

Фермеры используют ряд методов системы «Сохранить и приумножить» для повышения эффективности использования воды в орошаемом рисоводстве. В Южной Азии примерно на 4 млн га орошаемых земель фермеры применяют прецизионное лазерное выравнивание земли, которое – в сравнении с традиционными методами выравнивания с использованием деревянных реек – позволяет сберегать воду и увеличивать ее продуктивность на 16%^{12, 43}.

Другие водосберегающие технологии для орошаемого рисоводства включают сооружение по границам участков земляных валиков, которые улучшают использование дождевой воды и уменьшают зависимость от водоснабжения по ирригационным каналам, использование сухого посева с нулевой обработкой земли, поочередное увлажнение и осушение, прерывистый режим орошения и раннюю пересадку ростков^{16, 99}.

В Западной Африке, где рис выращивается главным образом на склонах и в низинах без надлежащего орошения и дренажа, центр AfricaRice продвигает малозатратный подход «умные долины», при котором наряду с базовой ирригационной и дренажной инфраструктурой используются простейшие насыпные сооружения, такие как валики. Помимо повышения устойчивости к засухам, устройство валиков и выравнивание земли снижают риск смывания внесенных удобрений при сильных дождях^{100, 101}.

Средняя урожайность составляет от 3,5 до 4 тонн с гектара, что привело к повышению доходов фермеров. Подход «умные долины», который был разработан и внедрен при активном участии фермеров Бенина и Того, включен в национальную стратегию развития внутриматериковых долин Бенина⁵².

В Азии применение метода поочередного увлажнения и осушения (ПУО), при котором рисовое поле может оставаться без полива до 10 дней, уменьшило потребность в воде на 15–30% без потери урожайности¹⁰². Метод ПУО, подходящий для районов затопляемого рисоводства с надежным водоснабжением, сокращает расходы на топливо для подачи воды; кроме того, он позволяет добиться снижения выбросов метана с рисовых полей на величину до 70%¹⁰³. Эта практика включена в национальные программы в Бангладеш, Вьетнаме, Мьянме и Филиппинах. При оптимальном внедрении ПУО в некоторых районах можно получать два урожая риса в год вместо одного⁵².

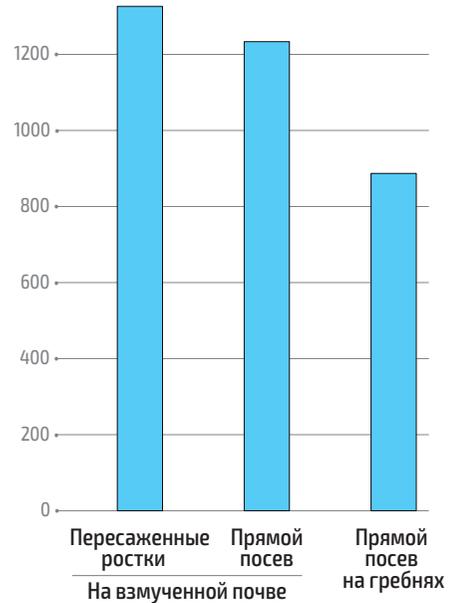
Применение системы интенсификации рисоводства позволяет использовать почти вдвое меньше воды на гектар, чем на затопляемых рисовых полях, за счет введения сухих периодов между периодами орошения и значительного снижения уровня затопления (см. главу 3, стр. 44).

Во многих районах пересадка рисовых ростков в затопленную взмученную почву заменена прямым посевом – в таком случае семена вносят методом разброса во влажную или затопленную взмученную почву либо с помощью рядовых сеялок без предварительной обработки земли. В сравнении с пересадкой, прямой посев позволяет получать такой же урожай при сокращении количества используемой для ирригации воды на величину до одной трети [рис. 2.8]¹⁶.

Другим методом, пригодным для выращивания риса в сухой сезон, является «аэробное возделывание риса» – в сухой почве, с применением орошения только при необходимости. Технология, апробированная и внедренная фермерами в Филиппинах и на юге Китая, использует сорта, адаптированные к хорошо дренированным, невзмученным и ненасыщенным почвам в богарных и засушливых областях¹⁰⁴.

При эффективном управлении размеры урожаев при аэробном возделывании риса составляют примерно 75–80% от объемов, получаемых при затопляемом рисоводстве, но при сокращении расхода воды на 50–70%. Также сокращаются трудозатраты⁵². На черноземных почвах Индии предмуссонный сухой посев риса через мульчу стал прибыльной альтернативой для фермеров, которые до этого обычно оставляли землю под паром⁶².

Рисунок 2.8 Объемы воды для орошения при выращивании риса с пересадкой и методом прямого посева (мм)*



* По материалам 44 страновых исследований

Источник: адаптировано из таблицы 8, стр. 339¹⁶

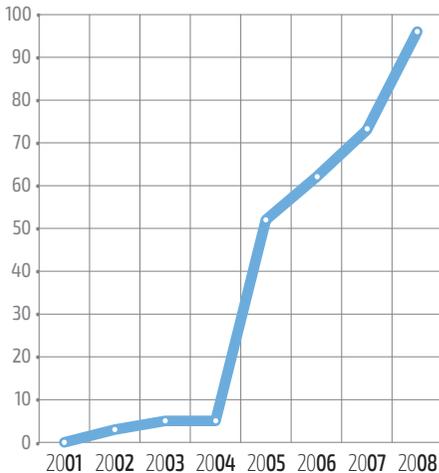
Комплексная борьба с вредителями

Насекомые-вредители, болезни и сорные растения наносят значительный ущерб – в пределах от 20 до 50% урожаев – кукурузным, рисовым и пшеничным полям мелких фермеров¹⁰⁵. Они могут также приводить к снижению качества и послеуборочным потерям зерна в результате его заражения и порчи. При борьбе с сорняками ручная прополка является одной из наиболее трудоемких задач для мелких фермерских хозяйств, и эту работу обычно выполняют женщины.

Первой линией обороны от вредителей и болезней является создание здоровой сельскохозяйственной экосистемы. Модель «Сохранить и приумножить» предусматривает принцип комплексной борьбы с вредителями (КБВ) – профилактическую стратегию защиты растений, которая использует и стимулирует биологические процессы и биоразнообразие, связанное с выращиванием сельскохозяйственных культур. Этот подход был разработан в ответ на широко распространенное чрезмерное применение пестицидов, которое сокращает популяцию естественных врагов вредителей, ведет к вспышкам численности вторичных вредителей и развитию устойчивости к пестицидам, а также увеличивает риски как для людей, так и для окружающей среды. Недавнее исследование показало, что для большинства агроэкосистем фактически отсутствует необходимость в использовании по крайней мере 50% применяемых пестицидов¹⁰⁶.

В рамках программ КБВ фермеров обучают основывать свои решения по борьбе с вредителями на принципах экономических порогов, определяющих приемлемый уровень ущерба, ниже которого затраты на меры контроля не компенсируются увеличением продуктивности. Основная стратегия заключается в том, чтобы предвидеть и предупредить возникновение проблем, а если они неизбежны, то выявить их на ранних стадиях, когда можно преодолеть их за счет природных средств, с меньшими дозами относительно безопасных пестицидов, используемых лишь в крайнем случае¹.

Рисунок 2.9 Внедрение методов комплексной борьбы с вредителями в рисоводческих районах провинции Ан-Гванг, Вьетнам (% от общей территории)



Источник: адаптировано из рисунка б, стр. 218¹⁰⁹

Методика комплексной борьбы с вредителями была впервые применена на рисовых чеках в Азии для борьбы с двукрылым насекомым бурой рисовой цикадкой (*Nilaparvata lugens*), основной причиной потерь урожая. Вспышки численности этого вредителя были вызваны беспорядочным распылением инсектицида широкого спектра действия, в результате чего были уничтожены естественные враги данных насекомых и начался быстрый рост их популяции^{107,108}.

В ответ на одну из таких вспышек во Вьетнаме ФАО поддержала организованную на уровне местных общин программу борьбы с вредителями и соответствующими болезнями растений с использованием КБВ. Принятые меры включали проводимый силами фермеров мониторинг численности вредителей и их естественных врагов на рисовых полях, удаление зараженных растений, оптимизацию сроков посева и использования удобрений, а также применение более устойчивых сортов риса⁵². Вьетнамские фермеры сократили использование инсектицидов на 70%, и в одной из провинций при активной государственной поддержке резко выросли площади выращивания риса |рис. 2.9|¹⁰⁹.

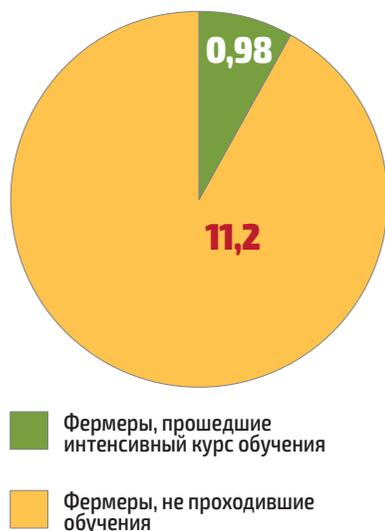
Когда производство риса интегрировано с аквакультурой, рыбы питаются насекомыми-вредителями, болезнетворными грибами и сорняками, сокращая необходимость в применении химикатов. В рисо-рыбных хозяйствах фермеры применяют меньше (до 68%) пестицидов на гектар, чем при изолированном выращивании риса (см. главу 3, стр. 68).

В исследованиях, проведенных в различных странах Азии, подчеркнуты преимущества обучения фермеров методам КБВ в фермерских полевых школах – форме обучения взрослых, которая стимулирует рисоводов приспособлять приемы КБВ к различным и меняющимся экологическим условиям. Фермеры, посещающие полевые школы, обычно сокращают число применений инсектицидов с трех до одного за сезон и отмечают общее увеличение урожайности. В одном из регионов Индонезии фермеры практически отказались от использования инсектицидов и достигли повышения урожайности на 21%. Кроме того, они приобрели социальные навыки и улучшили отношения с поставщиками услуг^{110, 111}.

Интенсивное обучение фермеров может привести к значительному сокращению использования пестицидов при производстве кукурузы. В Никарагуа обученные фермеры опрыскивали культуры гораздо реже, чем не прошедшие обучение, и использовали менее 10% от обычного объема инсектицидов |рис. 2.10|¹¹². Для борьбы с вредителями кукурузы также предлагаются высокоэффективные нехимические средства. Так, в Андах на территории Перу, Эквадора и Боливии мелкие фермеры наносят минеральное или пищевое растительное масло на листовые обертки и рыльце кукурузного початка, что позволяет снизить зараженность насекомыми-вредителями на величину до 76%¹¹³⁻¹¹⁵. В Бразилии в целях борьбы с кукурузной листовой совкой ученые разработали два высокоэффективных биопестицида, которые менее токсичны и характеризуются более целенаправленным эффектом, чем синтетические пестициды широкого спектра действия. Эти средства, активным ингредиентом которых являются изоляты бактерии и вируса, позволяют сократить численность гусениц более чем на 95%¹¹⁶⁻¹¹⁸.

На кукурузных полях в Африке севооборот и оптимизация обработки почвы использовались для борьбы с сорным растением стригой, которая является причиной существенных потерь урожаев в мелких хозяйствах¹¹⁹. В Мадагаскаре кукурузу сажают вместе с бобовыми покровными культурами, которые стимулируют прорастание семян стриги, а затем заглушают появляющиеся всходы сорняков⁵². Позднее, через остатки бобовых засевают рис. Прямой посев препятствует попаданию сорных семян в прикорневую зону, повышает общую жизнестойкость и стабильность системы и особенно эффективен при использовании суходольных сортов риса «Нерика»^{66, 67, 120}. В Восточной Африке инновационная система КБВ использует химические взаимодействия между двумя местными растениями для подавления роста стриги и уничтожения кукурузных стеблевых пилильщиков (см. главу 3, стр. 40).

Рисунок 2.10 Влияние обучения на средний уровень применения инсектицидов фермерами-кукурузоводами, Никарагуа (л/га)



Источник: адаптировано из таблицы 1, стр. 196¹¹²

При производстве пшеницы КБВ главным образом основана на методах управления растениеводством и использовании устойчивых сортов. Пшеница подвержена целому ряду болезней. Мучнистая роса вызывает потери до 45% урожая¹²¹, грибок септория (*Septoria tritici*) сокращает урожаи зерна вполонину¹²². Желтая ржавчина вызывает потери до 80% урожая в Центральной и Западной Азии и в Северной Африке⁶⁴.

В Эфиопии создание и быстрое внедрение устойчивых сортов пшеницы позволило преодолеть вспышку желтой ржавчины, которая практически полностью уничтожила пшеницу в области Бале. Устойчивые сорта были посеяны примерно на 80% площадей, используемых в стране для выращивания пшеницы, благодаря чему в 2014 году был получен рекордный урожай этой культуры⁶⁴.

Применение устойчивых сортов наряду с ранним севом является эффективным способом борьбы с гессенской мухой, однако необходима более комплексная стратегия КБВ для контроля других насекомых-вредителей. Рекомендации по борьбе с клопом «вредная черепашка» включают точечное наземное опрыскивание, посадку лекарственных растений, которые привлекают естественных врагов насекомых, и использование грибковых препаратов, уничтожающих вредителей в их зимних убежищах. Борьба с хлебными стеблевыми пилильщиками стала более эффективной благодаря использованию устойчивых сортов, отсроченному севу, чередованию культур и применению паразитоидов⁶⁴.

В популяризации приемов комплексной борьбы с вредителями пшеницы широко используются и методы активного вовлечения фермеров, такие как фермерские полевые школы. В Исламской Республике Иран после успешного распространения через фермерские полевые школы КБВ для борьбы с «вредной черепашкой» эта методика заняла ведущее место в национальной стратегии защиты растений¹²³.

Борьба с сорными растениями – это еще один важный элемент подхода «Сохранить и приумножить» применительно к зерновым культурам, и его значимость будет все более увеличиваться по мере роста устойчивости сорняков к гербицидам. Сведение к минимуму повреждения почвы, поддержание ее растительного покрова, практика чередования культур и предотвращение рассеивания семян сорняков – таковы эффективные меры по снижению негативного воздействия сорняков на растениеводство.

Как показывает приведенный выше обзор, во всем мире увеличилась продуктивность выращивания зерновых благодаря применению одного или более компонентов системы ведения сельского хозяйства «Сохранить и приумножить», таких как ресурсосберегающее земледелие, использование улучшенных сортов, оптимизация поддержания здоровья почвы, повышение эффективности использования воды и комплексная борьба с вредителями. Многие фермеры повысили устойчивость своих производственных систем за счет диверсификации сельскохозяйственных культур и интеграции растениеводства с лесным хозяйством и животноводством. В главе 3 мы представим 11 примеров практического применения подхода «Сохранить и приумножить» – систем производства зерновых, в которых использованы все или большинство компонентов и рекомендаций данной модели.



Глава 3

Сельскохозяйственные системы, позволяющие сохранить и приумножить

*Как выглядит на деле устойчивая
интенсификация растениеводства?*

*Практические примеры из опыта развивающихся
стран различных регионов мира демонстрируют
системы ведения сельского хозяйства
по модели «Сохранить и приумножить».*

Ключевые положения

3 Кукуруза и лесоводство, Центральная Америка: больше кукурузы, меньше эрозии на тропических склонах.

Подсечно-мульчирующая система основана на выращивании кукурузы и фасоли на невспаханной почве, обогащенной ветвями и листьями, остающимися после обрезки деревьев. Система позволяет накапливать запасы питательных веществ, сокращает время, затрачиваемое на подготовку почвы и прополку, и дает урожай вдвое выше, чем при традиционной сменной культивации. Многие фермеры, внедрившие подсечно-мульчирующую систему, диверсифицировали производство в приусадебные огороды и разведение скота. [Стр. 48](#)



1 Кукуруза и животноводство, Восточная Африка: «пуш-пул» борется с вредителями кукурузы и увеличивает производство молока.



Иновационная система комплексной борьбы с вредителями использует химические взаимодействия между двумя местными растениями для уничтожения кукурузных стеблевых пилильщиков и подавления роста сорного растения стриги. Система «пуш-пул» обеспечивает круглогодичный растительный покров почвы и производит высококачественный фураж, создавая основу для устойчивого низкоресурсного земледелия и животноводства. [Стр. 40](#)

4 Пшеница и бобовые, по всему миру: дополнительные преимущества подхода «бобовые перед пшеницей».

Остатки бобовых поставляют в почву до 300 кг азота на гектар. Благодаря этому пшеница, выращиваемая после бобовых, дает более высокие урожаи зерна и содержит больше белков. Кроме того, некоторые бобовые выделяют кислоты, улучшающие поступление фосфора в корневую систему пшеницы, а также газ, стимулирующий общее развитие растения. [Стр. 52](#)



2 Рис, Азия: повышение урожайности здоровых растений в здоровой почве.

Система интенсификации рисоводства, основанная на выращивании широко рассаженных ростков риса в хорошо вентилируемой почве, дает двойной урожай по сравнению с затопляемыми полями. Приоритетные меры поддержания здоровья почвы улучшают доступ растения риса к питательным веществам, в то время как сокращенная потребность в орошении способствует снижению выбросов метана. Свойственные данной системе более высокие трудозатраты можно снизить путем внедрения технологических инноваций. [Стр. 44](#)



5 Кукуруза и животноводство, Латинская Америка: «питательные насосы» дают корм для скота и питательные вещества для роста кукурузы.

Ключевой компонент устойчивых систем «кукуруза-животноводство» – пастбищная культура брахиария, которая предотвращает уплотнение почвы и более питательна, чем природные травы саванны. Системы нулевой обработки почвы, использующие брахиарию, позволяют производить до трех урожаев зерновых в год. Сменное выращивание брахиарии и кукурузы обеспечивает оптимальное использование земельных ресурсов и снижает уровень деградации почвы. [Стр. 55](#)





6 Рис и пшеница, Индо-Гангская равнина: ресурсосберегающее земледелие – основа

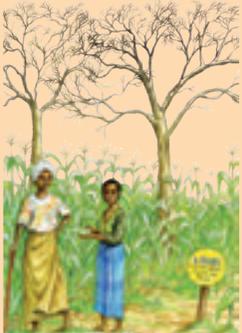
продовольственной безопасности.

В хлебной житнице Южной Азии фермеры применяют принцип нулевой обработки почвы в целях сокращения затрат и выращивания более высоких урожаев пшеницы. Поочередное увлажнение и осушение рисовых полей позволяет сократить потребление воды на величину до 50%. Урожайи обоих видов зерновых культур повышаются после лазерного выравнивания рельефа почвы. Фермеры экономят удобрения путем управления оборотом азота «по потребностям» и используют бобовые для подавления роста сорняков.

Стр. 58

9 Кукуруза и лесоводство, страны юга Африки: где деревья и кустарники стоят дешевле удобрений.

Бобовые кустарники и деревья являются неотъемлемой частью систем производства кукурузы в Замбии и Малави. Через два года применения они повышают содержание азота в почве на 250 кг из расчета на гектар, что обеспечивает четырехкратное увеличение урожая кукурузы. Система «кукуруза–лесоводство» устойчива к засухе и более доходна, чем выращивание кукурузы с использованием удобрений. Стр. 71



7 Кукуруза и бобовые, по всему миру: традиционная система позволяет более производительно использовать

землю. Поочередное, совместное и сменное выращивание бобовых и кукурузы позволяет повысить продуктивность земли, что делает системы «кукуруза–бобовые» особенно подходящими для мелких фермеров. Чередование с бобовыми может повысить урожайность кукурузы на 25%. Совместное выращи-



вание кукурузы с бобовыми в условиях ресурсосберегающего земледелия дает на 33% больше зерна по сравнению с монокультурой.

Стр. 64

10 Пшеница, Центральная Азия: фермеры прекращают вспашку казахстанских степей.

Казахстан занимает одно из ведущих мест в мире по внедрению принципов ресурсосберегающего земледелия. Прямой посев пшеницы при нулевой обработке почвы дает более высокие урожаи, чем при вспашке, и сопряжен с более низкими производственными затратами. Чередование пшеницы с другими культурами дает дополнительный доход, а сохранение растительных остатков удерживает почвенную влагу и подавляет прорастание семян сорняков. Стр. 75



8 Рис и аквакультура, Азия: более богатый урожай с рисовых полей.

Рисовый чек площадью 1 га может давать до 9 тонн риса и 750 кг рыбы в год. Разведение рыбы на рисовых полях улучшает семейный рацион, обеспечивает поступление природных питательных веществ для растений и является средством борьбы с вредителями. Благодаря более высокому урожаю риса, продаже рыбы и экономии на агрохимикатах доход от рисо-рыбного хозяйства вплоть до 400% выше, чем от монокультуры риса. Стр. 68



11 Рис и кукуруза, Азия: Высокоурожайные гибриды помогают в адаптации к изменению

климата. Выращивая кукурузу вместо риса в течение сухого сезона, фермеры сокращают расход грунтовых вод и удваивают прибыль. Многие из них еще более увеличили свой доход за счет совместного выращивания кукурузы и овощей. Кукурузоводы, обученные методам ресурсосберегающего растениеводства, используют меньше минеральных удобрений и получают урожай, вдвое превышающие средние национальные показатели. Стр. 79



Агроэкологическая зона
Тропическая, неорошаемая
Основной злак Кукуруза
Другие культуры/продукция
Мясо, молоко, корма, бобовые, овощи

1. Кукуруза и животноводство Восточная Африка

«Пуш-пул» борется с вредителями и увеличивает производство молока

Выращивание двух местных растений на кукурузных полях позволяет эффективно бороться против двух из наиболее опасных вредителей кукурузы в Африке. Система «пуш-пул» дает и другие выгоды, включая высококачественный корм для скота

Стеблевые пилильщики и сорное паразитическое растение стрига (*Striga*) – это бич кукурузных полей в Африке. Гусеницы местного насекомого – стеблевые пилильщики – проедают сочные стебли кукурузы и разрушают их изнутри, вызывая потери от 20 до 80% урожая. Министерства сельского хозяйства часто рекомендуют использовать синтетические пестициды для борьбы со стеблевыми пилильщиками, однако для большинства мелких фермеров эти химикаты слишком дороги¹.

Стрига – растение-паразит, которое прикрепляется к корням злаковых растений и вытягивает из них воду и пи-

тательные вещества; распространена примерно на 40% пахотных земель в странах Африки к югу от Сахары. В Восточной Кении стригой поражено до 76% земельных угодий, используемых под кукурузу и сорго, что является причиной ежегодного ущерба на сумму свыше 40 млн долл. США. Иногда заражение стригой может вести к полной потере урожая. Борьба со стригой чрезвычайно трудна,

5 ведущих производителей кукурузы, 2013 г. (млн тонн)

Эфиопия	6,67
Кения	3,39
Уганда	2,75
Бурунди	0,16
Руанда	0,67

Источник: ФАОСТАТ

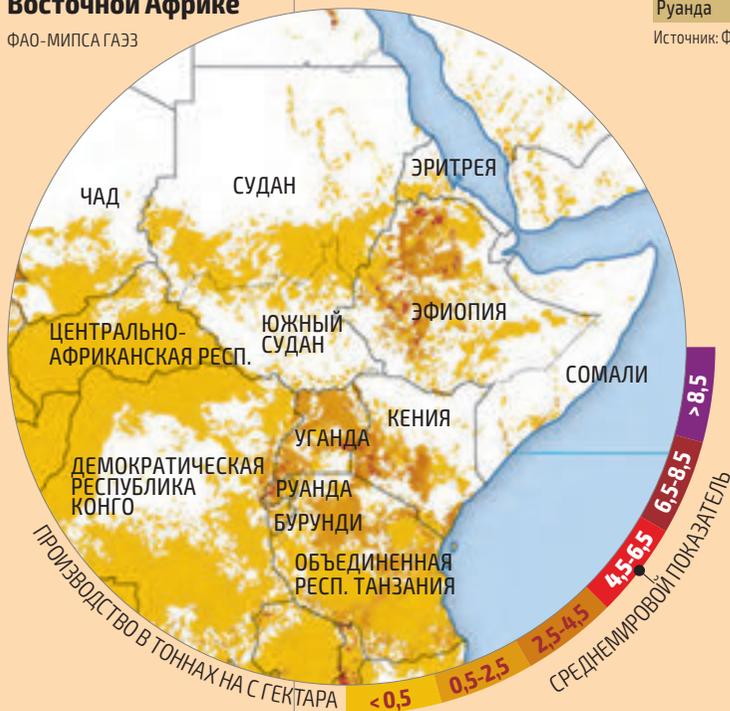
поскольку каждое растение продуцирует тысячи мельчайших семян, которые могут сохранять жизнеспособность в почве на протяжении многих лет. Когда фермеры покидают массивно зараженные области для освоения новых земель, стрига следует за ними¹.

В 1993 году Международный центр физиологии и экологии насекомых (ICRPE) в Найроби в сотрудничестве с Кенийским институтом сельскохозяйственных исследований, Исследовательским центром Роттемстед (Соединенное Королевство) и другими партнерами приступил к поиску недорогостоящих и экологических путей борьбы со стеблевыми пилильщиками. Результатом их работы стала система комплексной борьбы с вредителями, получившая название «пуш-пул» (от англ. push – толкать, pull – тянуть), которая позволяет бороться со стеблевыми пилильщиками путем использования комплексных химических взаимодействий между растениями и насекомыми в биологически разнообразной агроэкосистеме¹.

В соответствии с данным подхо-

Регионы производства кукурузы в Восточной Африке

ФАО-МИПСА ГАЗЭ





дом кукурузу выращивают совместно с бобовым растением десмодиум (*Desmodium*), а по границе поля высаживают популярную фуражную культуру – слоновую траву (*Pennisetum*). Десмодиум продуцирует летучие химические вещества, которые привлекают хищников, охотящихся на вредителей кукурузы. Кроме того, что более важно, эти вещества дают ложный сигнал тревоги насекомым о том, что область уже занята, и таким образом «выталкивают» (push) яйцекладущих особей на поиски новых ареалов, где личинки столкнутся с меньшей конкуренцией за пищу¹.

В этот момент в дело вступает слоновая трава. Она также продуцирует летучие соединения, которые «притягивают» (pull) насекомых к себе, и затем выделяет липкое вещество, схватывающее гусениц стеблевых пилильщиков, когда они кормятся на стеблях этого растения. В результате лишь немногие гусеницы доживают до взрослой стадии. Слоновая трава также привлекает хищные виды, охотящиеся на пилильщиков, такие как муравьи, уховертки и

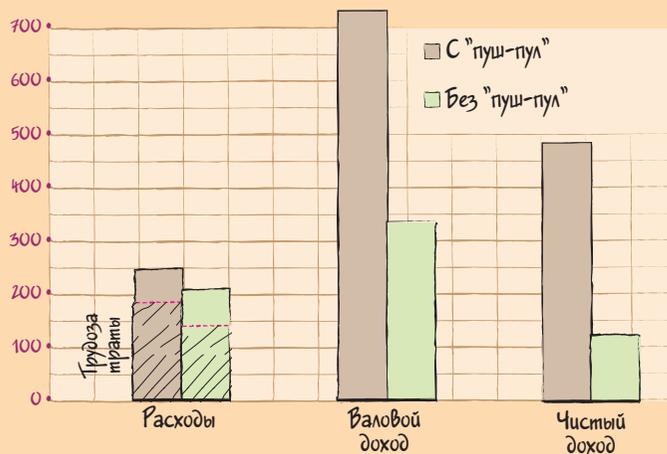
пауки¹. При проведении полевых испытаний число яиц, откладываемых стеблевыми пилильщиками, и поражения растений, вызванные гусеницами, были значительно выше на участках выращивания кукурузы в условиях монокультуры, чем на полях «пуш-пул»².

В процессе работы исследователи ICIPRE сделали удивительное открытие: десмодиум также действует в качестве «ложного хозяина» для стриги, вначале выделяя химические вещества, индуцирующие прорастание семян этого растения, а затем высвобождая другие вещества, которые подавляют развитие корневой системы сорняка¹. Полевые испытания системы «пуш-пул» показали, что в условиях ее применения кукурузные поля не только не несли сколько-нибудь значительного ущерба от стеблевого пилильщика, но также по прошествии двух сезонов были почти полностью свободны от стриги³. Система борьбы с вредителями «пуш-пул» дает и другие выгоды. И десмодиум, и слоновая трава – это многолетние растения, которые обе-

Слоновая трава (слева) и десмодиум (справа) защищают кукурузу от пилильщиков и сорняков

**СИСТЕМА
ИСПОЛЬЗУЕТ
СЛОЖНЫЕ
ХИМИЧЕСКИЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕЖДУ
РАСТЕНИЯМИ
И НАСЕКОМЫМИ**

Рисунок 3.1 Экономика производства кукурузы, район Киси, Кения (долл. США/га)



Источник: адаптировано из таблицы 1, стр. 61¹

спечивают круглогодичный покров для почвы, помогающий сохранять в ней влагу; он улучшает почвенную структуру, предотвращает эрозию и повышает устойчивость агроэкосистемы к засухе и другим экстремальным погодным явлениям. Поскольку десмодиум – это бобовое растение, он также фиксирует почвенный азот и обеспечивает его поступление в формирующийся урожай кукурузы.

Начиная с 1997 года ICIPRE и его партнеры внедряют систему «пуш-пул» в фермерских хозяйствах, выращивающих кукурузу и сорго в Кении и Восточной Уганде, используя «фермерских учителей» в помощь распространению необходимых подходов. К 2010 году метод внедрили свыше 25 000 фермеров на территориях вокруг озера Виктория.

В ходе оценки эффективности воздействия, проведенной в 24 сельских населенных пунктах, было выяснено, что в целях борьбы с вредителями, особенно со стригой, и для повышения урожайности системы «пуш-пул» внедрили 19% фермеров. Среди них 75% сообщали, что стали получать урожаи в 3-4 раза выше, чем ранее. Некоторые фермеры собирали по 5 тонн кукурузы с гекта-

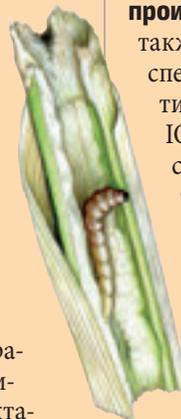
ра на полях, которые раньше давали менее 1 тонны³. В районе Киси доходы, которые получали фермеры, использующие для выращивания кукурузы систему «пуш-пул», из расчета на гектар были в три раза выше, чем у их соседей [РИС. 3.1]¹.

Почти половина фермеров, использующих систему «пуш-пул», приняли подход, предусматривающий выращивание кукурузы совместно с фасолью и другими зернобобовыми культурами, такими как арахис, соя и вигна, а также с овощами, такими как листовая капуста. Введение бобовых в агроэкосистему не снижает воздействие десмодиума на стригу и стеблевых пилильщиков³.

Слоновая трава, помимо того что помогает фермерам увеличить производство продовольствия,

также используется в системе обеспечения кормами для скота. Фактически оценка, проведенная ICIPRE, показала, что производство кормов – это важный фактор, мотивирующий фермеров внедрять систему «пуш-пул»³. Так, фермеры одного из районов близ озера Виктория вследствие дефицита высококачественных кормов могли обеспечивать лишь половину от местного

Прожорливые гусеницы кукурузного стеблевого пилильщика вызывают потерю до 80% урожая



спроса на молоко. После того как 700 фермеров внедрили систему «пуш-пул», производство молока выросло с 7 млн до 8 млн литров в год¹.

Чем больше используется фуража, тем больше органического удобрения имеется у фермеров, что снижает потребность в минеральных подкормках. Фермеры, использующие систему «пуш-пул», могут диверсифицировать свое производство также и другими путями, например продавая экологичную сельскохозяйственную продукцию и выращивая птицу. Фермеры, опрошенные в рамках оценки ICPE, сообщили, что они используют дополнительный доход, полученный в результате роста производства, на самые различные нужды, включая оплату школьного обучения детей и улучшение жилищных условий³.

Оценка, однако, показала, что некоторые фермеры не приняли систему «пуш-пул», поскольку не были в достаточной степени информированы о ней. Несмотря на то что система «пуш-пул» позволяет экономить труд, поскольку сокращает необходимость прополки, некоторые фермеры не располагали достаточными трудовыми ресурсами в семье или наличностью для дополнительного найма помощников, с тем чтобы внедрить систему на своих полях. Кроме того, фермеры, пользующиеся лишь одногодичной арендой земельных участков, не стремились к инвестированию в технологию, не обещающую быстрой отдачи. Дефицит семян десмодиума и их высокая стоимость также ограничивали масштабы внедрения.

К 2014 году не менее 70 000 мелких фермеров в Эфиопии, Кении, Объединенной Республике Танзания и в Уганде, из которых более половины составляли женщины, боролись со стригой путем использования смешанных посевов с включением десмодиума⁴.

Международный центр физиологии и экологии насекомых и его пар-

тнеры провели адаптацию методики «пуш-пул» к более сухим регионам и к условиям изменения климата путем выявления и включения в систему двух сопровождающих растений, устойчивых к засухе: зеленолиственного десмодиума в качестве компонента смешанного засева и брахиарии (ветвянки) в качестве бордюрного растения⁵.

Метод «пуш-пул» в настоящее время рассматривается как основа комплексной системы производства продовольственных и кормовых культур, которые не требуют высоких уровней внешних ресурсов и могут значительно улучшить продовольственную безопасность в Восточной Африке. Недавний опрос 900 фермеров в Кении, Объединенной Республике Танзания и Эфиопии выявил высокий потенциал для внедрения данной системы, особенно среди женщин и тех, кто был хорошо осведомлен об ущербе, наносимом стригой, и имел хороший доступ к сельскохозяйственным ресурсам⁶.

Внедрение системы «пуш-пул» в качестве постоянного компонента сельского хозяйства в регионе требует непрерывной поддержки со стороны государственных служб по распространению сельскохозяйственных знаний и опыта, а также использования стратегий передачи новых технологий на уровне общин, таких как фермерские полевые школы, деятельность «фермерских учителей» и проведение местных собраний³.

Также, наряду со снабжением семенами улучшенных сортов и гибридов кукурузы, потребуются гарантированное снабжение семенами десмодиума и брахиарии.

БЛАГОДАРЯ СИСТЕМЕ «ПУШ-ПУЛ» ЕЖЕГОДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО МОЛОКА ВЫРОСЛО НА 1 МЛН ЛИТРОВ

Агроэкологическая зона
Тропическая муссонная,
орошаемые и суходольные
системы

Основной злак Рис

2 · Рис Азия

Повышение урожайности здоровых растений в здоровой почве

Рисоводы внедряют методы рационального растениеводства и использования почвенных и водных ресурсов, которые в совокупности позволяют производить больше риса и получать больший доход с использованием меньших объемов воды, минеральных удобрений и семян

В большинстве стран Азии рис традиционно выращивают следующим образом: вначале поля затопляют водой, затем вспахивают для образования мягкой илистой почвы, под которой часто находится более плотный и компактный слой, препятствующий уходу воды в нижележащие горизонты¹. Через 20–60 дней после посева рисовые ростки пересаживают в поля пучками от двух до четырех растений – произвольно распределенными или в рядах, разделенных узкими промежутками. Для подавления роста сорняков участок на весь период до созревания урожая

затопляют водой на глубину от 5 до 15 сантиметров^{2,3}.

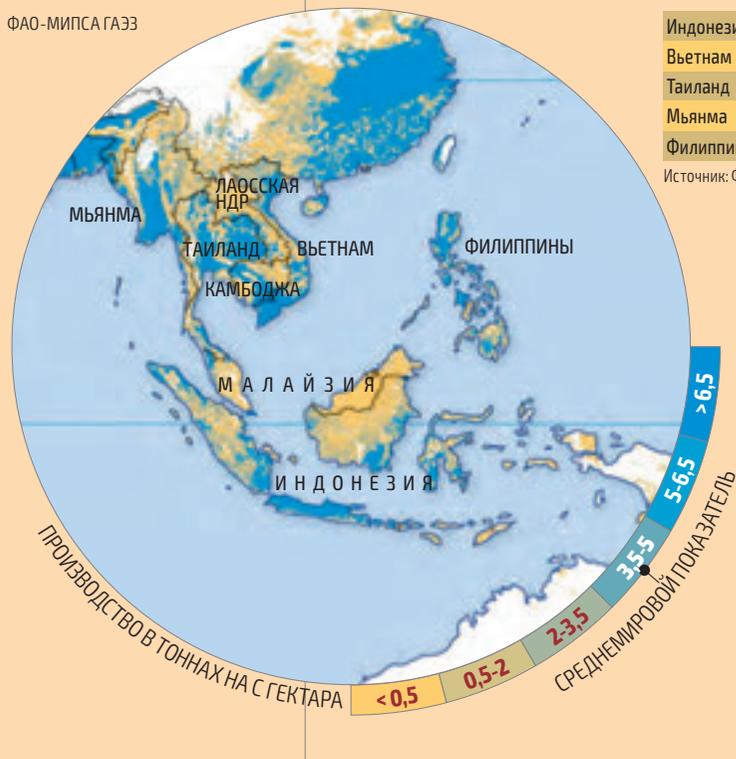
Такая система в течение тысячелетий позволяла выращивать рис с получением небольших, но относительно стабильных урожаев⁴. Когда в ходе «зеленой революции» были внедрены высокоурожайные сорта, минеральные удобрения и методы химической борьбы с вредителями, продуктивность многих рисовых полей в Азии из расчета на гектар в течение 20 лет удвоилась⁵.

Набор методов растениеводства и управления почвенными и водными ресурсами, известный как система интенсификации рисоводства (СИР), предусматривает принципиально другой подход. Ростки в возрасте от 8 до 15 дней пересаживают по одному, часто гнездовым способом, на расстоянии 25 x 25 см друг от друга. Для создания влажных, но аэрированных условий почвы прерывистая ирригация сопровождается сухими периодами от 3 до 6 дней. Через регулярные интервалы времени проводится прополка и вносятся компост, стойловый навоз и сидераты, которым отдают предпочтение по сравнению с минеральными удобрениями. После начала цветения поле держат под тонким слоем воды и осушают за 20 дней до уборки урожая^{3,6}.

Методика СИР была разработана в Мадагаскаре в 1980-х годах, и за прошедший с того времени период многочисленные испытания показали, что эта система позволяет получать более высокие урожаи по срав-

Регионы производства риса в Юго-Восточной Азии

ФАО-МИПСА ГАЭЗ



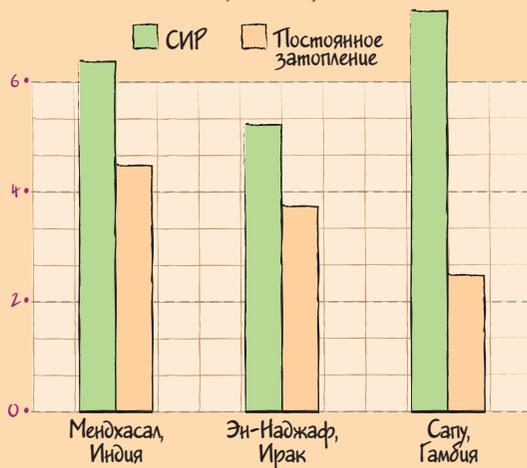
5 ведущих производителей риса, 2013 г.

(млн тонн)

Индонезия	71,3
Вьетнам	44,0
Таиланд	38,8
Мьянма	28,0
Филиппины	18,4

Источник: ФАОСТАТ

Рисунок 3.2 Урожайность риса (из расчета зерна), выращиваемого в условиях постоянного затопления и по системе интенсификации рисоводства (т/га)



Источник: адаптировано из таблицы 3, стр. 84⁷, таблицы 9, стр. 127⁸ и таблицы 1, стр. 9⁹

нению с обычным производством риса на затопляемых полях, при этом сокращая расход воды, семян, удобрений и пестицидов². Применение СИР привело к повышению зерновой урожайности по сравнению с затопляемыми системами – на 40% в Индии⁷ и Ираке⁸ и почти на 200% в Гамбии⁹ [РИС. 3.2]. При проведении сравнительных испытаний с текущими улучшенными практиками в Китае урожай риса, полученный по методике СИР, был более чем на 10% выше¹⁰. Такой рис потреблял на 25–47% меньше воды, по сравнению с затопляемыми системами в Индии¹¹ и Китае^{12, 13}, и требовал на 10–20% меньше семян, чем традиционные системы в Непале¹⁴.

Правительства Вьетнама, Индонезии, Камбоджи и Китая, где производится значительная часть общемирового риса, утвердили методы СИР в программах национальной продовольственной безопасности, и миллионы рисоводов внедрились в свою производственную деятельность². По поступившим данным, во Вьетнаме методику СИР применяют более миллиона рисоводов. Благодаря 40%-ному сокращению затрат на производство их доходы из расчета

на гектар посевных площадей увеличились в среднем на 110 долл. США¹⁵. Вьетнамские фермеры, которые прошли обучение по системе управления питанием растений с учетом местных условий, стали получать дополнительный ежегодный доход в объеме до 78 долл. США на гектар¹⁶.

В районе Моранг, Непал, группа фермеров сообщила о том, что применение СИР позволило им удвоить получаемые урожаи. Кроме того, рис на их полях созрел на четыре недели раньше, что позволило экономить воду, снизить риск потери урожая и освободить землю для выращивания других культур¹⁴. В регионе Тимбукту, Мали, фермеры, использующие СИР, производили вдвое больше риса с гектара, по сравнению с соседями. Поскольку участки под СИР можно было убирать на 10–15 дней раньше, фермеры переходили от менее урожайных короткоцикловых сортов к сортам со средними сроками созревания, которые производили больше зерна².

Система интенсификации рисоводства помогает в преодолении многих проблем, стоящих перед данным сектором. Делая упор на органические источники питания растений и высокоэкономичное исполь-

зование удобрений, СИР предлагает средства для сокращения масштабов загрязнения окружающей среды, вызванного распространением нитратов с рисовых полей¹⁷. Этот подход может позволить фермерам продолжать выращивать рис на богарных территориях, таких как северо-восток Таиланда, которые все в большей степени подвержены засухам, а также в основных зонах орошаемого рисоводства в Китае, Пакистане и Индии, где к 2025 году, по прогнозам, воды будет недостаточно для удовлетворения спроса¹⁸.

Система также могла бы коренным образом сократить выбросы метана из орошаемых систем¹⁹. В настоящее время свыше 90% общемирового производства риса сосредоточено на затопляемых полях, которые являются источником ежегодного выброса метана в объеме, эквивалентном 625 млн тонн диоксида углерода²⁰. Выбросы можно снизить почти на одну шестую, если все постоянно затопляемые рисовые поля будут осушаться, по крайней мере, один раз в течение сезона вегетации²¹. По Системе интенсификации рисоводства в период выращивания такое осушение проводится несколько раз⁶.

Ученые ищут точное объяснение механизмов экономии ресурсов и более высокой производительности при использовании СИР, а также изучают пути применения принципов СИР фермерами³.

Важный аспект СИР – это улучшение здоровья почвы. Прерывистый режим орошения и внесение органического компоста и мульчи значительно повышают число полезных почвенных бактерий в околокорневой зоне^{22, 23}. Поскольку по методике СИР рис высаживается в виде единичных ростков в здоровую аэрированную почву с предоставлением большей площади для поглощения солнечной энергии, он может развивать более мощную корневую систему, что ведет к повышению числа стеблей²⁴. Растения также могут



иметь более длинные метелки, больше зерен на одну метелку и более высокий процент созревших зерен⁷.

Рост урожайности, возможно, обусловлен повышенным поступлением питательных веществ и более благоприятными условиями вегетации, которые ускоряют физиологическое развитие растения⁹. Предлагается и более общее объяснение, предполагающее, что применение СИР позволяет растениям полнее использовать свой генетический потенциал^{2, 6}. Однако недавний анализ сообщений о высоких урожаях, получаемых по методам СИР, обнаружил «значительный разброс» в путях практического применения данной системы, что затрудняет формулирование общих выводов относительно влияния

ТРУДОЗАТРАТЫ,
СВЯЗАННЫЕ
С СИР, МОЖНО
СНИЗИТЬ ЗА СЧЕТ
ТЕХНИЧЕСКИХ
ИННОВАЦИЙ



СИР в качестве «единого технологического пакета»³.

В контексте СИР широко обсуждается вопрос о повышенных трудовых затратах, требуемых этой системой производства. В Гамбии стоимость рабочей силы, затрачиваемой на пересадку ростков, оказалась в два-три раза выше по сравнению с традиционным затопляемым рисоводством⁹. В недавнем исследовании в Индии было обнаружено, что вследствие высокой трудозатратности система требует гораздо более высоких расходов на производство и «фактически является нерентабельной»²⁵.

Сторонники СИР возражают, заявляя, что эта система позволяет создавать рабочие места. В штате Тамил-Наду (Индия) производство по методам СИР было расценено как

наиболее подходящий вариант семейного трудоустройства во время вынужденной безработицы в течение сухого сезона¹¹.

Трудозатраты при выращивании риса по методам СИР можно снизить путем технических инноваций, таких как использование рассадных лотков, которые упрощают процессы подготовки и пересадки ростков⁹. Другой вариант – это полное замещение рассады прямым высевом, который в Непале позволяет получать урожаи риса на 50% выше, чем при использовании пересадки¹⁴. В провинции Сычуань, Китай, рассаду вносят на необработанные гребни с поливом по бороздам, под органическую мульчу или пластиковую пленку²⁶.

Свыше миллиона вьетнамских рисоводов применяют методы СИР

Агроэкологическая зона

Тропическая холмистая, неорошаемая

Основной злак Кукуруза

Другие культуры/ продукция

Мясо, молоко, лес, топливная древесина, фрукты, бобовые, овощи

3 · Кукуруза и лесоводство **Центральная Америка**

Больше кукурузы, меньше эрозии на тропических склонах

Фермеры разработали подсечно-мульчирующую систему производства, которая позволяет сохранять деревья и кустарники, сберегать почвенные и водные ресурсы, удваивать урожайность кукурузы и бобовых и даже повышать устойчивость к воздействию ураганов

На крутых склонах юго-западных регионов Гондураса применение привычного подсечно-огневого метода выращивания кукурузы, фасоли и других продовольственных культур привело к широко распространенному обезлесению и деградации окружающей среды. Многие фермеры отказались от многовековой традиции оставлять убранные поля под паром на достаточно длительный период, обеспечивающий восстановление лесного покрова и почвы.

Без деревьев, которые бы закрепляли опустошенную

почву, усилилась эрозия, снижая качество водных ресурсов и доступность воды для пользователей. По мере сокращения продуктивности сельского хозяйства выросли уровни бедности и недоедания в сельских районах^{1,2}.

Поняв, что подсечно-огневой метод растениеводства является неустойчивым, фермеры в департаменте Лемпира, Гондурас, разработали недорогую ресурсосберегающую систему для выращивания урожаев¹. Вместо вырубки лесов и сжигания растительности они внедрили «подсеч-

5 ведущих производителей кукурузы, 2013 г.

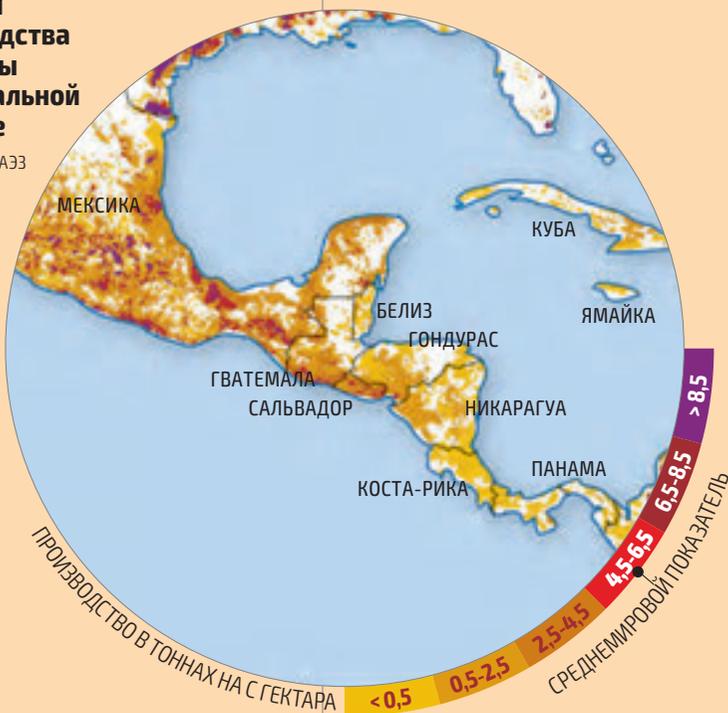
(млн тонн)

Мексика	22,66
Гватемала	1,73
Сальвадор	0,87
Гондурас	0,60
Никарагуа	0,55

Источник: ФАОСТАТ

Регионы производства кукурузы в Центральной Америке

ФАО-МИПСА ГАЗЗ



но-мульчирующий» подход. Вначале на участке хорошо развитого, естественным образом регенерированного вторичного лесного массива высевают сорго или фасоль. После посева проводят избирательную вырубку и обрезку деревьев и кустарников, разбрасывая листья и мелкие ветви на поверхности почвы для создания слоя мульчи. Растения с более ценной древесиной, плодовые деревья и предназначенные на дрова оставляют для роста^{1,2}.

После сбора урожая сорго и фасоли высаживают кукурузу (которая не используется в качестве «первопроходца», поскольку мульча замедляет прорастание побегов). Фермеры продолжают проводить обрезку деревьев, чтобы растения получали достаточно солнечного света, в то время как листья, ветви и растительные остатки используются для поддержания полупостоянного покрова почвы. Почву не вспахивают, и удобрения вносят только по мере необходимости².

В начале 1990-х годов Продовольственная и сельскохозяйственная организация начала тесно сотрудничать с местными фермерами и фермерскими группами в целях дальнейшей разработки и распространения этих практических приемов, которые стали известны под названием «Квезенгуальская подсечно-мульчирующая агролесоводческая система», или QSMAS (Quezungual Slash-and-Mulch Agroforestry System)¹. За прошедший с того времени период систему приняли на вооружение свыше 6000 малоимущих фермеров на юго-западе Гондураса².

Используя QSMAS, фермеры смогли удвоить производительность сменной культивации: урожай кукурузы выросли с 1,2 тонны до 2,5 тонны с гектара, фасоли – с 325 до 800 кг¹. Повышение производительности привело к укреплению продовольственной безопасности и позволило фермерам выделить участки на своих полях для испытания различных вариантов выращивания продо-



Более 6000 мелких фермеров внедрили у себя подсечно-мульчирующую систему

С помощью QSMAS фермеры повысили урожайность фасоли с 325 до 800 кг с гектара



вольственных культур. Почти половина фермеров, которые практикуют QSMAS, используют часть своей земли и дополнительный доход для диверсификации производства, в основном применительно к приусадебным огородам и разведению скота².

Гондурасские фермеры с готовностью восприняли эту систему, поскольку она базируется на знакомых, местных практиках растениеводства, является более производительной и доходной, чем подсечно-огневой метод, и дает множество других выгод. Путем сохранения почвенной влаги и предотвращения эрозии система QSMAS повысила устойчивость ферм к воздействию экстремальных погодных явлений, таких как засуха в 1997 году и ураган Митч в 1998 году. Система также позволяет сократить время, необходимое для подготовки почвы и борьбы с сорняками. Это важный аспект в регионе, где дефицит рабочих рук является основным препятствием для повышения производительности фермерских хозяйств.

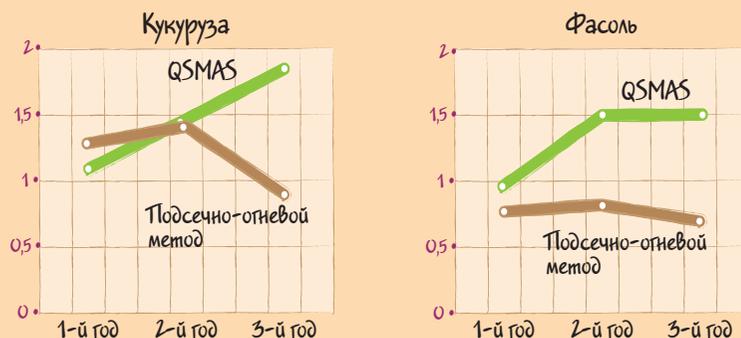
Сельские сообщества также привлекают выгоду от улучшения качества воды и повышения ее доступности в течение сухого сезона, с ноября по апрель. Деревья, которые сохраняются на фермах QSMAS, позволяют удовлетворять около 40% потребностей домохозяйств в топливной древесине².

Успех QSMAS также обусловлен тем, что всячески поощрялся обмен опытом и идеями между местными общинами и сотрудниками служб по распространению сельскохозяйственных знаний. Благодаря этому коллективному процессу влияние QSMAS распространилось за пределы фермерских полей. Общинные учреждения, получившие больше информации о проблемах, которые создает обезлесение, запретили использование подсечно-огневой системы².

В 2005 году Международный центр по сельскому хозяйству в тропических зонах (CIAT) приступил к реализации четырехлетнего проекта с целью дальнейшего развития QSMAS и укрепления источников средств к существованию сельской бедноты. Центр поставил перед собой задачу определения основных принципов, лежащих в основе QSMAS, биофизических полезных эффектов, которые обуславливают устойчивость системы, социальных факторов, ведущих к ее приемлемости, а также выявления других регионов выращивания кукурузы, где эта система могла бы быть внедрена.

В ходе испытаний на 15 участках были выявлены четкие различия между подсечно-огневой и подсечно-мульчирующей системами в плане экологической устойчивости и

Рисунок 3.3 Средняя урожайность зерновых при использовании подсеčno-огневого метода и системы QSMAS, Сомотилло, Никарагуа (т/га)



Источник: адаптировано из таблицы 3.4, стр. 48²

стойкости к неблагоприятным внешним воздействиям. Производственный цикл QSMAS позволяет проводить в течение 10–12 лет выращивание однолетних культур с последующими семью годами парования. В противоположность этому подсеčno-огневые поля начинают приходить в упадок начиная со второго года обработки [РИС. 3.3]. При использовании подсеčno-огневой системы содержание азота в почве с течением времени снижается, а на участках QSMAS оно значительно растет. Проводя замеры выбросов метана и закиси азота, а также запасов углерода в почве и деревьях, специалисты CIAT также выяснили, что потенциал QSMAS как фактора глобального потепления составляет лишь четверть от соответствующих показателей для подсеčno-огневой системы².

Вышеописанная система выращивания кукурузы распространилась на другие регионы Гондураса, а также была внедрена в Гватемале, Никарагуа и Сальвадоре, где многие фермеры успешно адаптировали к местным условиям ее основные принципы: последовательную обрезку деревьев, обеспечение постоянного растительного покрова почвы, минимальное нарушение целостности почвы и экономное использование минеральных удобрений³.

В полевых испытаниях в Гватемале на почвах, обогащенных пу-

тем обрезки деревьев глирицидий (*Gliricidia sepium*), урожаи кукурузы выросли на 11–25%. В тех регионах, где систему активно популяризовали, уровни ее внедрения достигли 88%².

В Никарагуа, где фермеры узнали о подсеčno-мульчирующей системе от посещающих их фермеров из Гондураса, урожаи кукурузы на опытных участках были более чем вдвое выше, а прибыль – на 83% больше, чем на участках, обрабатываемых по подсеčno-огневой системе. В результате к 2010 году свыше половины фермеров Никарагуа уже применяли QSMAS. В настоящее время эту систему активно продвигает Никарагуанский институт сельскохозяйственной технологии⁴.

Квезенгуальская система подсеčno-мульчирующего агролесоводства рассматривается как альтернатива подсеčno-огневой системе земледелия для полусасушливых холмистых районов тропической зоны³. По оценкам, имеется 50%-ная вероятность наличия условий, аналогичных существующим на опытных участках QSMAS, в 18 странах Азии, Африки и Латинской Америки с наиболее крупными подходящими регионами в Бразилии, Сальвадоре и Демократической Республике Конго⁴.

**СИСТЕМА
СЧИТАЕТСЯ
ПОДХОДЯЩЕЙ ДЛЯ
ПОЛУСАСУШЛИВЫХ
ХОЛМИСТЫХ
РАЙОНОВ
В ТРОПИКАХ**

Агроэкологическая зона
Умеренная, субтропическая
неорошаемая и орошаемая

Основной злак Пшеница

Другие культуры
Зернобобовые и кормовые
бобовые

4. Пшеница и бобовые по всему миру

Дополнительные преимущества подхода «бобовые перед пшеницей»

Производство пшеницы комбинируют с выращиванием бобовых культур, которые улучшают здоровье почвы и являются естественным источником азота, что способствует повышению урожайности пшеницы. Для реализации полных преимуществ пшенично-бобовой ротации требуются агроэкологические подходы

Выращивание бобовых может быть и само по себе очень хорошей инвестицией. Поскольку эти культуры получают от 70 до 80% своего азота непосредственно из атмосферы посредством биологической фиксации азота в корневых клубеньках, для получения оптимальных урожаев зернобобовых и кормовых бобовых, как правило, не требуются азотные удобрения¹. Зернобобовые, такие как чечевица, содержат большое количество белка, пищевых волокон, витаминов, минералов, антиоксидантов и фитострогенов², и их рыночная реализация служит источником дохода

да. Кормовые бобовые, такие как люцерна, можно использовать на корм скоту.

При выращивании бобовых перед пшеницей они дают и другое важное преимущество: азот, содержащийся в отходах бобовых культур, снижает потребность в применении азотных удобрений для выращивания пшеницы³. По оценочным данным, зернобобовые культуры, выращиваемые в мире на площади около

5 ведущих производителей пшеницы, 2013 г.

(млн тонн)

Франция	38,61
Германия	25,01
Соединенное Королевство	11,92
Бельгия	1,80
Австрия	1,59

Источник: ФАОСТАТ

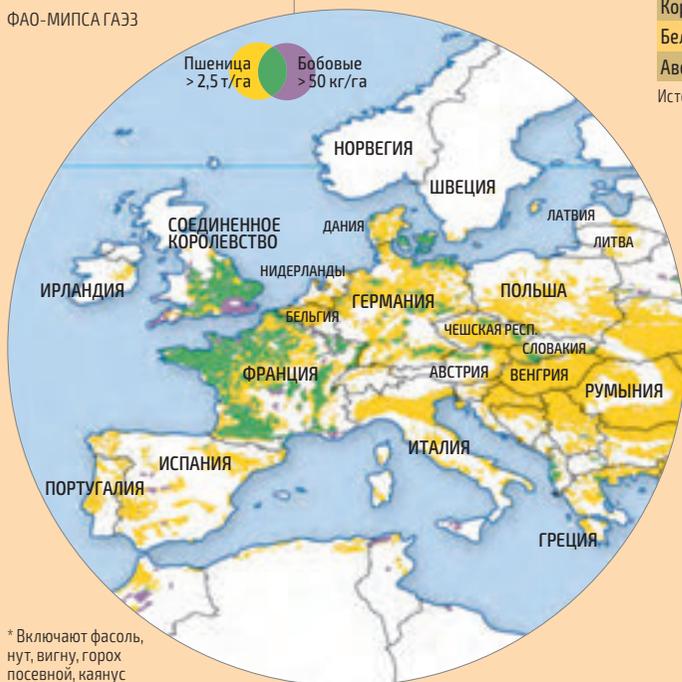
190 млн га, обеспечивают вступление в почву примерно 5–7 млн тонн азота⁴. Благодаря этой «естественной подкормке» пшеница, выращиваемая после бобовых, дает более высокие урожаи зерна и содержит больше белков по сравнению с монокультурой пшеницы⁵.

Высокая производительность чередования пшеницы и бобовых была известна земледельцам в Западной Азии и в Северной Африке еще 2000 лет назад. Типичная ротация на основе пшеницы на неорошаемых землях включает зернобобовые, такие как нут, чечевица и конские бобы, а также кормовые бобовые, такие как вика, александрийский клевер и различные виды люцерны^{6–8}.

Выбор правильного вида бобовых для конкретной системы выращивания пшеницы крайне важен, поскольку различные виды и сорта бобовых, произрастающие в одном и том же регионе, могут значительно различаться в части формирования сухого остатка, фиксации и накопления азота и качества остат-

Регионы производства пшеницы и бобовых* в Западной Европе

ФАО-МИПСА ГАЗЭ



* Включают фасоль, нут, вигну, горох посевной, каянус

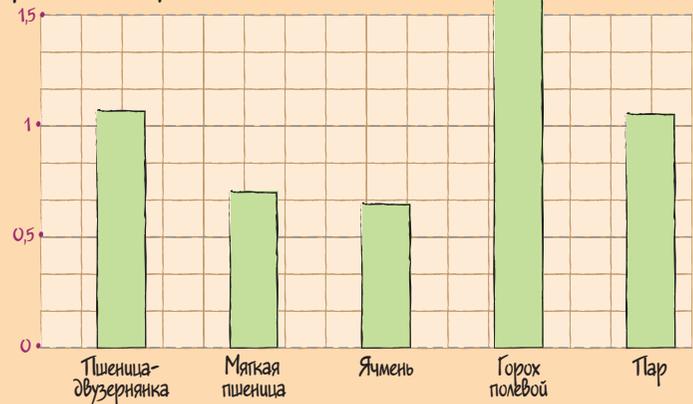
ков. Значения остаточного азота, поступающего от зернобобовых, существенно различаются, но могут покрывать от 20 до 40% общих потребностей пшеницы в азоте³. В то время как зернобобовые могут поставлять в почву от 30 до 40 кг азота на гектар, бобовые, выращиваемые в качестве зеленого удобрения или фуража, накапливают азот в почве гораздо быстрее и могут фиксировать до 300 кг азота на гектар⁹.

Бобовые стимулируют усвоение пшеницей других питательных веществ. Пшеница, выращиваемая после бобовых, как правило, имеет более здоровую корневую систему, чем при монокультурном производстве, что позволяет ей лучше использовать другие имеющиеся питательные вещества. Корни нута и каянуса выделяют органические кислоты, которые мобилизуют фиксированные формы почвенного фосфора и тем самым способствуют его усвоению⁵.

Бобовые также выделяют в почву водород в объемах до 5000 литров на гектар в день. Являясь побочным продуктом фиксации азота, водород окисляется почвенными микроорганизмами, окружающими корневую систему растения, что ведет к изменениям в биологии почвы, улучшающим вегетацию пшеницы^{1,5}. Бобовые с глубокими корнями, такие как каянус, лаблаб (гиацинтовый боб) и бархатные бобы, помогают в развитии структуры почвы и формировании биопор, что улучшает дренирование и аэрацию¹⁰.

Сев пшеницы в осенний период с выдерживанием земли под паром на следующее лето – это преобладающая система производства в засушливых регионах. На Ближнем Востоке и в Северной Африке поля обычно оставляют под паром вследствие дефицита влаги для поддержания надежного неорошаемого производства летних культур. Однако благодаря появлению скороспелых сортов бобовых фермеры могут теперь заменять длительные периоды парования выращиванием бобовых и тем са-

Рисунок 3.4 Урожайность мягкой пшеницы, выращиваемой в качестве второй культуры после отдельных предшественников, регион Бале, Эфиопия (т/га)



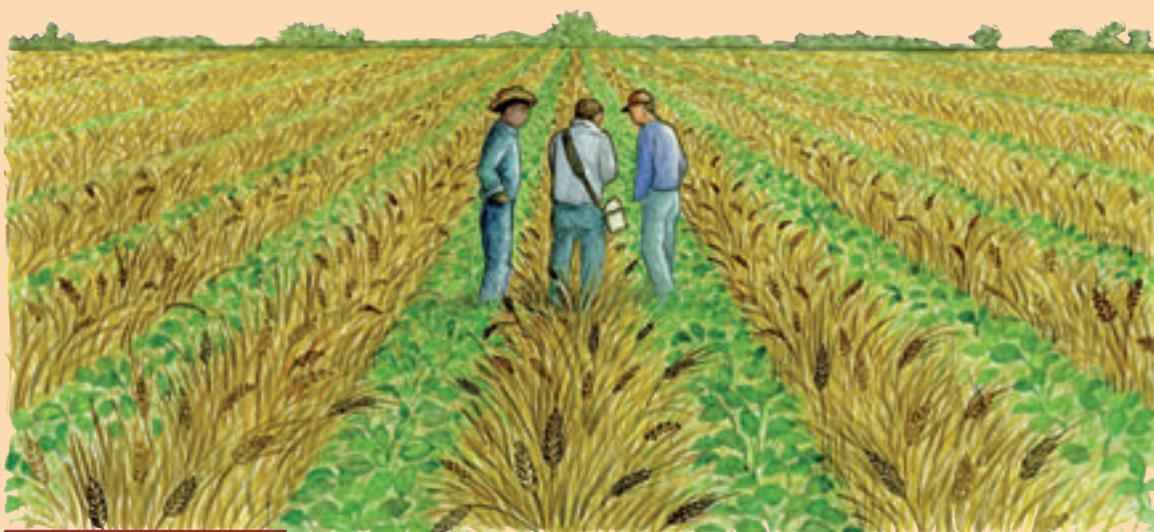
Источник: адаптировано из таблицы 4, стр. 140¹⁷

мым более продуктивно использовать земельные ресурсы^{11,12}. Выращивание продовольственных бобовых в течение лета не только помогает повысить плодородие почвы и эффективность использования воды, но также способствует повышению урожая при последующем посеве пшеницы¹³.

В холмистых районах Эфиопии бобовые выращивают в чередовании со злаковыми или в форме совместного культивирования для более равномерного распределения рисков засухи и для улучшения плодородия почвы¹⁴⁻¹⁶. В регионе Бале выращивание пшеницы после посева полевого гороха позволяет получать значительно более высокие урожаи, чем при выращивании по системе «пшеница–пшеница» или при ротации «пшеница–ячмень» (рис. 3.4)¹⁷. Система ротации «конские бобы – пшеница» обеспечивала рост урожайности пшеницы вплоть до 77% при одновременном сокращении потребности в азотных удобрениях¹⁸. В Исламской Республике Иран было продемонстрировано, что совместное выращивание злаковых и бобовых более продуктивно и доходно, чем монокультура пшеницы¹⁹.



После вызревания полевого гороха существенно повышается урожай пшеницы



Выращивание сои среди колосьев пшеницы является более продуктивным

Возделывание бобовых для достижения «двойной выгоды» – доходного производства бобовых и получения максимальной пользы для последующего урожая пшеницы – для многих фермеров является нелегким делом. В целом считается, что выращивание бобовых сопряжено с более высоким риском по сравнению с пшеницей и другими зерновыми культурами. Это отчасти связано с тем, что бобовые нередко в большей степени подвержены биотическим и абиотическим стрессам, которые могут сокращать урожай и объемы растительной биомассы. Если бобовые не продуцируют достаточной биомассы для обеспечения урожая и также оставляют азот в соломе и корневых остатках, мелкие фермеры теряют доход за один сезон вегетации без компенсации в следующем. Кроме того, цены на зернобобовые нередко более изменчивы, чем на злаковые.

Вследствие более короткого сезона вегетации некоторые разновидности бобовых не потребляют так много почвенной воды, как пшеница, и таким образом оставляют больше влаги для урожая пшеницы. Однако эта влага может быть легко потеряна, если стерню интенсивно используют под пастбище или удаля-

ют растительные отходы с поля для использования в других целях. Поэтому рекомендуется сохранять растительные остатки на убранных полях для укрытия почвы, а для посева пшеницы использовать рядовые сеялки с заделкой семян при минимальном нарушении почвенной поверхности⁵.

Для снижения риска фермерам рекомендуется высаживать бобовые только при наличии достаточной влаги в почве или при возможности орошения. Раннее высаживание стимулирует продукцию биомассы и фиксацию азота, однако оно также повышает восприимчивость к патогенным микроорганизмам. Для того чтобы в полной мере использовать преимущество ротации пшеницы с бобовыми, остатки следует сохранять на поверхности почвы и выращивать как бобовые, так и злаковые культуры методом нулевой обработки почвы для сохранения ее структуры, удержания почвенной влаги и почвенных питательных веществ.

ПРЯМОЙ ПОСЕВ ПШЕНИЦЫ ЧЕРЕЗ ОСТАТКИ БОБОВЫХ СОХРАНЯЕТ СТРУКТУРУ ПОЧВЫ, А ТАКЖЕ УДЕРЖИВАЕТ ВЛАГУ И ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

5. Кукуруза и животноводство Латинская Америка

«Питательные насосы» дают корм для скота и питательные вещества для роста кукурузы

Бразильские фермеры включили брахиарию в систему выращивания кукурузы методом прямого посева, что стало заменой монокультурному производству сои

Производство животноводства имеет особенно важное значение для маломасштабных фермерских хозяйств в саванновых лугопастбищных угодьях Латинской Америки. Однако удельный выход животноводческой продукции из расчета на одно животное в тропических зонах гораздо ниже по сравнению с регионами более умеренного климата. Одним из основных препятствий является количество и качество фуражных культур – ключевого кормового источника для жвачных животных. Избыточный выпас скота, сельскохозяйственная практика, которая приводит к истощению питательных веществ почвы, и недостаток кормовых видов растений, лучше адаптированных к биотическим и абиотическим стрессам, – все это способствует снижению производительности. Повышение качества и продуктивности кормовых пастбищных культур помогло бы увеличить производство мяса и молока¹.

Во многих животноводческих хозяйствах Латинской Америки внедрена система устойчивого животноводческого производства, предусматривающая интеграцию кормовых культур с зерновыми. Ключевой компонент системы – это брахиария (*Brachiaria*), травянистое растение, родиной которого является Африка к югу от Сахары, хорошо растущее на бедных почвах, выдерживающее интенсивную пастбищную эксплуатацию и относительно свободное от вредителей и болезней.

Благодаря своей прочной и раз-

ветвленной корневой системе брахиария весьма эффективно способствует восстановлению структуры почвы и помогает предотвращать уплотнение почвы, которое снижает инфильтрацию дождевой воды и подавляет развитие корней кукурузы. Это растение также обладает способностью преобразовывать остаточный фосфор в почве в органические, легко усвояемые формы для последующего роста кукурузы².

Недавнее исследование CIAT выявило другую особую характеристику брахиарии: химический механизм, обнаруженный в корнях одного из видов брахиарии, подавляет высвобождение из

5 ведущих производителей кукурузы, 2013 г.

(млн тонн)

Бразилия	80,54
Аргентина	32,12
Парагвай	4,12
Венесуэла	2,25
Колумбия	1,77

Источник: ФАОСТАТ

Агроэкологическая зона
Тропическая саванна
Основной злак Кукуруза
Другие культуры/продукция
Мясо, молоко, корма, рис, просо, сорго

Регионы производства кукурузы в Южной Америке

ФАО-МИПСА ГАЭЗ

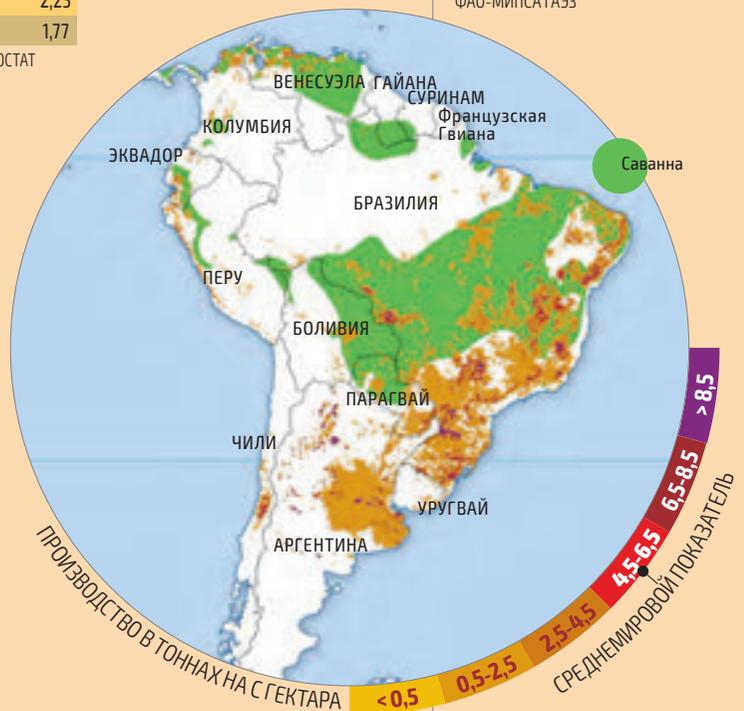


Рисунок 3.5 Уровни производства говядины при использовании традиционных пастбищ и засеянных брахиарией (кг/га/год)



Источник: адаптировано из таблицы 1, стр. 1⁵

почвы закиси азота, образующейся преимущественно из минеральных удобрений и являющейся одним из наиболее важных источников парниковых газов, которые вызывают изменение климата.

Это быстро распространяющееся травянистое растение в настоящее время выращивается в Латинской Америке на площади приблизительно 80 млн га⁴. Адаптация брахиарии к скудным почвам позволила использовать ее для экстенсивных, низкочастотных пастбищ, но она также подходит и для интенсивно эксплуатируемых пастбищных угодий¹.

В Мексике и Центральной Америке продуктивность животных при выпасе на полях, засеянных брахиарией, вплоть до 60% выше по сравнению с природными пастбищами [РИС. 3.5]. Стоимость дополнительной продукции, по расчетам, достигает 1 млрд долл. США в год⁵. В Бразилии ежегодная экономическая выгода составила 4 млрд долл. США⁶.

Чередование однолетних культур с использованием земли под пастбища растет в экорегионе Серрадо в Бразилии, где крупный рогатый скот является основным источником дохода для многих фермеров. Многие годы неудовлетворительного управления стадами, избыточный выпас и недостаток адекватного заме-

щения почвенных питательных веществ привели к снижению продуктивности и сокращению доходности традиционных систем животноводства^{7, 8}.

Там, где естественные экосистемы были замещены интенсивной монокультурой сои, значительная часть почвы под воздействием обильных осадков подверглась уплотнению и эрозии. В этих условиях традиционная техника борьбы с эрозией почвы, такая как контурные посадки (по изолиниям рельефа), оказалась неэффективной⁹.

В качестве ответной меры многие фермеры внедрили системы нулевой обработки почвы, которые способствуют увеличению растительного покрова и дают другие экологические выгоды. В начале 1990-х годов менее 10% региона Серрадо возделывалось в условиях нулевой обработки. К 1996 году этот показатель вырос до 33%. Общая площадь под растениеводство в условиях нулевой обработки в регионе Серрадо, с учетом расширения посевных площадей, выросла в 17 раз¹⁰.

По расчетам, около 50% общих посевных угодий в Бразилии возделывается по системе прямого посева через мульчу (DMC), которая обычно позволяет выращивать в течение года три культуры, все в условиях непрерывного прямого посева¹¹. В регионе Серрадо свыше 4 млн га возделывается с использованием диверсифицированных систем DMC, которые заменили неэффективные монокультуры сои при интенсивной культивации почвы. Типичная последовательность – это кукуруза (или рис), за которой следует другая злаковая культура, например просо или сорго, или травянистое растение пальчатое просо (*Eleusine*) совместно с одним из кормовых видов, таких как брахиария^{11, 12}.

Кормовая культура выступает в качестве «питательного насоса», продуцирующего в течение сухого сезона значительные объемы биомассы, которая может использоваться в качестве пастбищного кор-

**ИНТЕНСИВНОЕ
ВЫРАЩИВАНИЕ
МОНОКУЛЬТУРЫ
СОИ ОСТАВЛЯЕТ
ЗА СОБОЙ
УПЛОТНЕННУЮ
И ПОДВЕРЖЕННУЮ
ЭРОЗИИ ПОЧВУ**



ма или как зеленое удобрение. Сочетание кукурузы и брахиарии в конце сезона дождей позволяет извлекать воду с уровнем глубже 2 метров и способствует активному фотосинтезу позднее, в течение сухого сезона. Это приводит к интенсивному вегетативному росту растений после первых дождей в последующем сезоне или после дождя в течение сухого сезона, таким образом обеспечивая постоянный растительный покров почвы¹³.

Поскольку брахиария является превосходным кормом для скота, фермеры затем могут выбрать: отвести площадь под пастбище или сохранить ее для выращивания зерновых культур на следующий год. Такие системы используются в условиях орошения или в более влажных регионах с частыми интенсивными дождями, что способствует заполнению более глубоких водоносных горизонтов. В оптимальных системах ДМС суммарное ежегодное производство из расчета сухой веса надземной и подземной биомассы в среднем достигает 30 тонн с гектара по сравнению с 4–8 тоннами в условиях монокультуры¹⁴.

Для сокращения конкуренции культур развиваются новые системы совместного выращивания. Система выращивания кукурузы и брахиарии «Санта-Фе», разработанная в Бразилии, построена таким образом, что травянистое растение либо за счет его более поздней высадки, либо вследствие более глубокого заделывания семян развивается уже после урожая кукурузы. Молодые растения брахиарии находятся в тени кукурузы и не создают для нее значительной конкуренции. Однако после сбора урожая кукурузы эта тень сокращается, и пастбищная культура растет весьма быстро на пожнивных остатках¹⁵.

Такая тесная интеграция фуражных и зерновых культур ведет к улучшению использования общей производственной площади и более интенсивному использованию пастбищ с меньшей степенью их деградации. Аналогичные системы ДМС также испытываются в других частях света, включая страны Африки к югу от Сахары¹¹.

Травянистое растение брахиария восстанавливает структуру почвы и предотвращает ее уплотнение

Агроэкологическая зона
Субтропическая муссонная и орошаемая

Основные злаки
Рис, пшеница

Другие культуры
Кукуруза, картофель, сахарный тростник, хлопок, бобовые

6 · Рис и пшеница Индо-Гангская равнина

Ресурсосберегающее земледелие – основа продовольственной безопасности

Применение ресурсосберегающих технологий позволяет получать высокие урожаи пшеницы при снижении фермерских издержек на 20%

Индо-Гангская равнина, простирающаяся на 2,25 млн кв. км в Южной Азии, от Бангладеш через Индию и Непал до Пакистана, – это основная рисовая и пшеничная житница для 1,8 млрд человек^{1,2}. На протяжении последних 30 лет, главным образом благодаря «зеленой революции», принесшей улучшенные сорта и усовершенствованные технологические пакеты, фермеры разработали систему чередования культур, основанную на выращивании риса в течение летнего муссонного периода и пшеницы в течение короткой зимы. Сегодня система комбинированного выращивания риса и пшени-

цы охватывает около 13,5 млн га и позволяет производить ежегодно около 80 млн тонн риса и 70 млн тонн пшеницы^{3,4}.

В наиболее плодородной части равнины – в северо-западных индийских штатах Пенджаб и Харьяна и в западном штате Уттар-Прадеш – расширение площадей под поочередное возделывание риса и пшеницы и повышение урожаев на 3% в год позволило Индии увеличить объем производства пшеницы с 20 млн тонн в

5 ведущих производителей риса и пшеницы, 2013 г.

(млн тонн)

Индия	252,71
Бангладеш	52,76
Пакистан	34,03
Исламская Респ. Иран	16,54
Непал	6,23

Источник: ФАОСТАТ

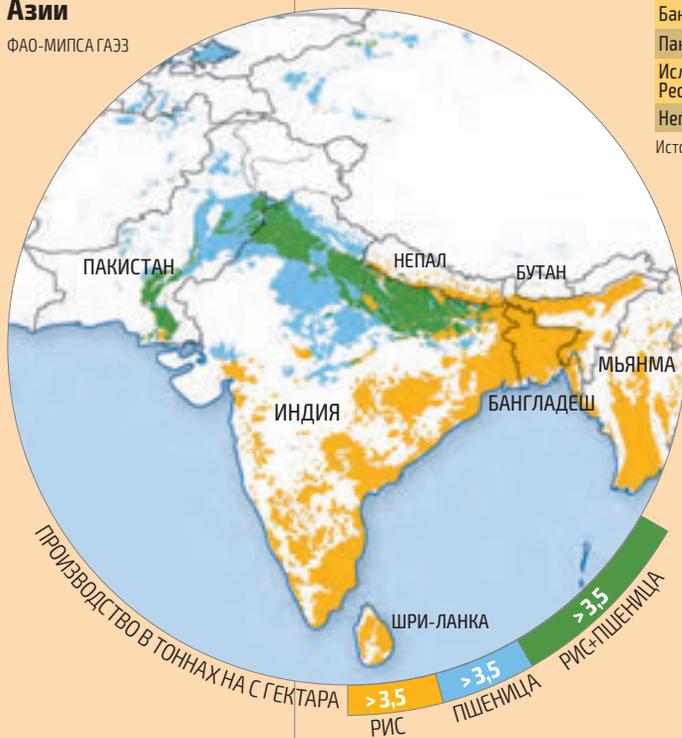
1970 году до 65 млн тонн к 1995 году. Примерно в то же время, однако, производительность риса и пшеницы начала падать: урожаи были на 30–70% ниже своего потенциала. Этот спад объясняли «усталостью почвы», вызванной десятилетиями интенсивной культивации, непрерывным снижением эффективности использования ресурсов, истощением грунтовых вод и ростом температуры воздуха^{5,6}.

В качестве ответной меры Консорциум по рису и пшенице, экорегionalная инициатива национальных систем сельскохозяйственных исследований и КГМСХИ в 1995 году предприняли совместные усилия по продвижению ресурсосберегающих технологий в производстве зерновых. Эти технологии включали нулевую обработку почвы, лазерное выравнивание почвенного профиля, удержание растительных остатков, использование гребневого посева, сухой сев риса и поверхностный сев пшеницы³.

В Индии и Пакистане темпы вне-

Регионы производства риса и пшеницы в Южной Азии

ФАО-МИПСА ГАЭЗ





дрения многих из этих технологий носили «экспоненциальный» характер^{1,5}. В штате Харьяна, например, площади под пшеницу, возделываемые в условиях нулевой обработки почвы, за период с 1997 по 2002 год выросли от нуля до 300 000 га. В целом в Индии к 2005 году технология нулевой и щадящей обработки почвы в производстве пшеницы использовалась на территории примерно в 1,6 млн га⁷.

Одним из основных ограничительных факторов в производстве пшеницы на восточных равнинах является поздний сев. Пересадка риса начинается в июле, но часто продолжается до конца августа вследствие неопределенности в отношении осадков, высокой стоимости выкачивания грунтовых вод и нехватки рабочей силы. Эти задержки приводят к позднему сбору урожая риса, что, в свою очередь, задерживает посев под последующий урожай пшеницы, который проводится значительно позднее оптимальных сроков. Драгоценное время также теряется вследствие практики фермеров, заключающейся в тщательной вспашке убранных рисовых полей, которые при этом нередко серьезным образом уплотня-

ются вследствие повторного взмучивания и давления тяжелых уборочных комбайнов^{1,6}.

На многих территориях сев пшеницы в настоящее время переносится на более ранние сроки благодаря внедрению прямого посева, который проводится сразу после сбора урожая риса без культивации почвы^{6,8}. Семена и удобрения вносят при помощи тракторных рядовых сеялок местного производства с соблюдением надлежащей дистанции и глубины и с минимальным нарушением целостности почвы¹.

Нулевая обработка почвы способствует повышению урожайности пшеницы на 6–10%, поскольку позволяет проводить своевременный посев, улучшает состояние почвы и дает значительную экономию на использовании сельскохозяйственной техники, времени и горючего [РИС. 3.6]⁹. Фермеры также экономят примерно 50–70 долл. США на гектар применительно к расходам на воду^{6,10}. В некоторых регионах продуктивность воды для орошения повысилась на 65% по сравнению с показателями для традиционной практики².

Продуктивность воды повышается еще больше, если пшеницу выращивают в условиях нулевой обра-

На Индо-Гангской равнине выращивание риса и пшеницы в одной сельскохозяйственной системе дает 150 млн тонн зерна в год

Простирающаяся вдоль Гималаев Индо-Гангская равнина – это хлебная и рисовая житница для 1,8 млрд человек



ботки гребневым способом⁶. Орошение участков паров, расположенных между рядами посевов, позволяет экономить воду, а также использовать более соленую воду: соль накапливается по сторонам сухих паров, сохраняя корневую зону относительно свободной от соли¹¹. Другие преимущества выращивания пшеницы на гребнях включают сокращение риска заболачивания, уменьшенный расход семян и предоставление большей площади для точного размещения удобрений, механической прополки, совместного выращивания культуры и сменной посадки золотистой фасоли¹².

В западных частях Индо-Гангской равнины применение нулевой обработки почвы при выращивании пшеницы позволило сни-

Сухой посев риса сокращает расход воды, стоимость энергообеспечения и трудозатраты



зить расходы фермеров из расчета на гектар на 20% и увеличить чистый доход на 28% при одновременном сокращении выброса парниковых газов¹³.

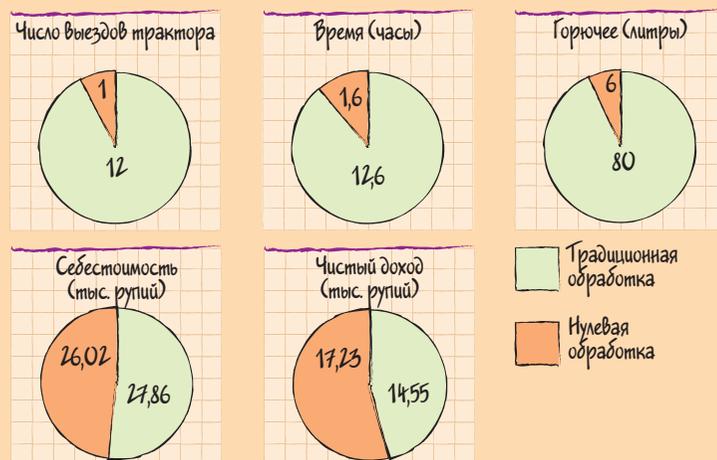
На востоке равнины, где дренаж осуществляется хуже, некоторые фермеры производят посев предварительно замоченных семян пшеницы путем использования сеялок разбросного или барабанного типа без обработки почвы. Такой «поверхностный посев» – это низкзатратная технология, особенно подходящая для мелких фермеров, которым не хватает ресурсов на предварительную обработку земли. Она позволяет им выращивать пшеницу на полях, которые иначе оставались бы под парами^{6, 11}. Несмотря на то что урожаи не выше, чем при разбросном посеве пшеницы на предварительно культивированную почву, фермеры получают доход благодаря сокращению затрат на культивацию¹⁴.

В отношении риса Консорциум рекомендовал внедрять замещение

позднеспелых сортов скороспелыми, а также использование прямого сухого посева, при котором исключается необходимость пересадки и в результате сокращаются расход воды и энергии и объем трудозатрат. При сухом посеве поля готовят в июне и проводят посев скороспелого риса после соответствующего орошения, для того чтобы растения укоренились перед началом муссонных дождей в июле⁶.

Рекомендуются различные меры для принятия в период вегетации, направленные на повышение урожая риса без увеличения расхода воды или на сокращение расхода воды, но без снижения урожая. Один из подходов заключается в чередовании увлажнения и осушения, при котором поле затопляют и затем позволяют высухать перед вторичным затоплением. Другой подход – это аэробное выращивание риса, когда семена высевают непосредственно в сухую почву, которую затем орошают.

Рисунок 3.6 Экономика нулевой и традиционной обработки почвы при производстве пшеницы, Харьяна, Индия (из расчета на гектар)



Источник: адаптировано из таблиц 1 и 2, стр. 93⁹

При обоих подходах экономия воды составляет 30–50%⁶. Посадка на гребнях также позволяет значительно увеличить урожай риса¹².

Другая ресурсосберегающая технология, внедренная на Индо-Гангской равнине, – это лазерное выравнивание земли. Многие поля имеют неровную поверхность, что ведет к перерасходу воды, субоптимальному вызреванию и меньшим урожаям. Традиционно фермеры выравнивают поля с использованием скребков и деревянных рек. В настоящее время частные фирмы, которые используют трактора, оснащенные лазерными устройствами, предлагают более точное выравнивание полей по ценам, доступным для мелких фермеров. Недавние исследования, проведенные в северо-западных регионах Индии, показали, что эта технология гораздо более эффективна по сравнению с традиционным выравниванием; она позволяет сокращать расходы воды на 40%, повышая эффективность удобрений и увеличивая урожай риса и пшеницы на 5–10%. Метод является одинаково прибыльным для ферм любых размеров^{1, 14–16}.

Фермеры также внедрили новые технологии чередования культур, которые прерывают цикл развития

насекомых-вредителей и сорных растений и повышают здоровье почвы. В пакистанской провинции Пенджаб мелкие фермеры чередуют выращивание риса с александрийским клевером – кормовым растением, улучшающим плодородие почвы и подавляющим рост сорняков, которые в ином случае могли бы мешать последующему выращиванию злаковых¹⁷. На востоке равнины, где поля обычно остаются под паром в течение 80 дней после сбора урожая пшеницы, выращивание летней золотистой фасоли на необработанной почве дает 1,45 тонны с гектара со стоимостью урожая 745 долл. США. Золотистая фасоль также обогащает почву азотом путем его биологической фиксации¹⁴.

Для сокращения непроизводительного расхода удобрений Консорциум по рису и пшенице популяризировал метод управления оборотом азота «по потребностям», введя в употребление карты со шкалой цвета листьев, по которой определяют оптимальное время внесения удобрений. Карты изначально были предназначены для риса, однако фермеры по собственной инициативе адаптировали их к пшенице¹⁸. Используя эти карты, фермеры сократили применение удобрений на 25% без снижения урожая¹.

ЧАСТНЫЕ ПОДРЯДЧИКИ ПРЕДОСТАВЛЯЮТ УСЛУГИ ЛАЗЕРНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ЗЕМЛИ ПО ЦЕНАМ, ДОСТУПНЫМ ДЛЯ МЕЛКИХ ФЕРМЕРОВ

Опросы, проведенные в сельских населенных пунктах в различных частях равнины в 2009 году, показали, что в каждом третьем семейном фермерском хозяйстве внедрена, по крайней мере, одна из ресурсосберегающих технологий. Наивысшие показатели – почти 50% – отмечены на северо-западе. Фермеры узнавали об этих технологиях из разнообразных источников, в том числе от других фермеров и производителей оборудования, и большинство из них включило эти методики в свою традиционную практику возделывания урожая. На северо-западе Индии рядовые сеялки, работающие без нарушения почвенного покрова, были наиболее распространенным товаром сельскохозяйственной техники после тракторов¹⁸. Высокий уровень их применения фермерами стал возможен благодаря широкой доступности рядовых сеялок, выпускаемых предприятиями частного сектора при активной поддержке со стороны государства и местных органов управления⁷.

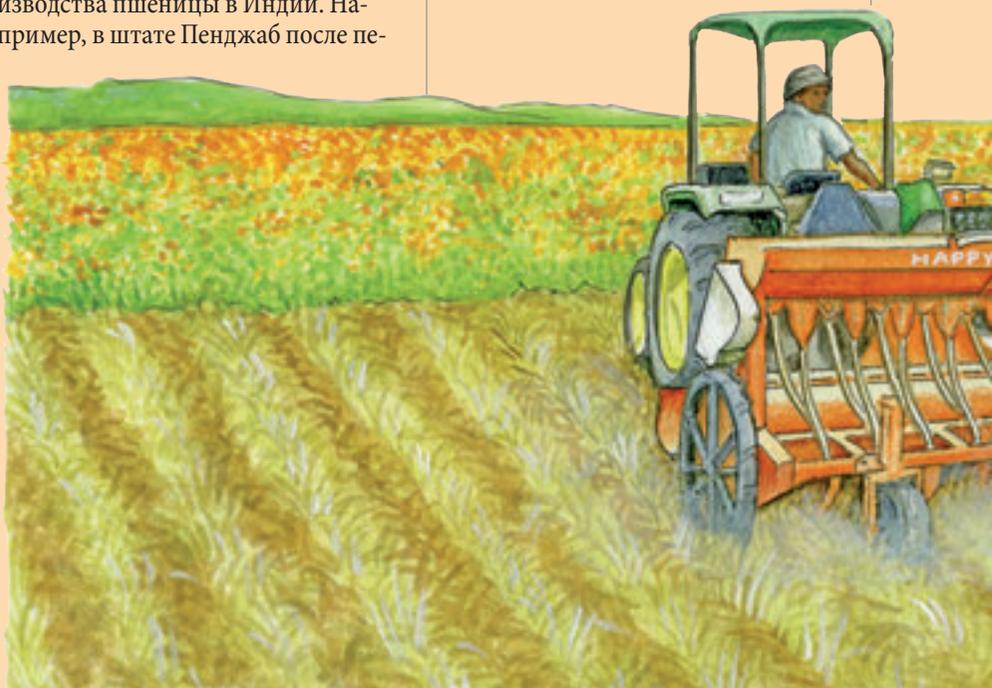
Полезное влияние методов и технологий, применяемых в модели «Сохранить и приумножить», отражается в недавнем увеличении производства пшеницы в Индии. Например, в штате Пенджаб после пе-

риода скудных урожаев в период с 2003 по 2007 год производство пшеницы стало стабильно расти, и в 2012 году средняя урожайность превысила 5 тонн с гектара¹⁹. В 2014 году общий объем производства пшеницы в Индии достиг рекордного значения 96 млн тонн⁴.

Предстоит еще много сделать для обеспечения полного перехода к устойчивой интенсификации производства зерновых на Индо-Гангской равнине, однако это обещает огромные выгоды. В настоящее время принцип нулевой обработки внедрен в основном в отношении компонента пшеницы в системе комбинированного выращивания риса и пшеницы. По отношению к рису это приведет к дальнейшим экстренно необходимым сокращениям использования воды для орошения⁷. Многочисленные испытания методов выращивания риса при нулевой обработке почвы и сухом посеве показали, что для достижения высоких урожаев не обязателен этап взмучивания затопленного грунта¹².

Был предложен ряд стратегий для повышения масштабов использования сухого посева в производ-

Нулевая обработка почвы в действии: по методу «Счастливый сеятель» семена пшеницы заделывают в почву через толстый слой растительных остатков риса



стве риса, включая совместное выращивание с сесбанией (*Sesbania*), которая подавляет рост сорняков и повышает урожаи на рисовых полях без взмучивания⁹. Вместе с тем широкомасштабное внедрение сухого посева задерживается вследствие ограничений в доступе фермеров к подходящему оборудованию. Недавнее исследование, проведенное на северо-востоке Индии, показало, что в 2012 году сухой посев применяли 57% фермеров. Однако лишь 10% из них имели в собственности рядовые сеялки, а остальные полагались на внешних субподрядчиков. В результате многие фермеры не имели возможности осуществлять сухой посев, поскольку спрос на эти услуги превышал предложение²⁰.

Решительный переход к методам ресурсосберегающего земледелия при выращивании риса, в особенности сохранение пожнивных остатков, позволит создать позитивные синергии в выращивании двух видов зерновых. В то время как многие фермеры внедряли методы рядового посева пшеницы под остатки после сбора предшествующего урожая риса, большинство по-прежнему сжигают рисовую солому после уборки, что ведет к значительному загрязнению атмосферы¹⁹. Для того чтобы противодействовать практике сжи-

гания и стимулировать методы нулевой обработки почвы с использованием мульчирования, правительства штатов Пенджаб и Харьяна в настоящее время распространяют новую технологию под названием «Счастливы сеятели», которая основана на рядовом посеве пшеницы через значительный слой растительных остатков риса^{21, 22}. Ускоренное внедрение ресурсосберегающих технологий также требует более прочной поддержки в плане политики, технических знаний, инфраструктуры и доступа к рынкам сельскохозяйственных ресурсов и реализации продукции. Необходим системный подход, который должен заменить товароцентрические методы, характеризующиеся интенсивным и экологически неустойчивым использованием трудовых ресурсов, воды и энергии. Сочетание проверенных технологий и практических приемов позволит в полном объеме реализовать преимущества, которые дает ресурсосберегающее земледелие²³.

Наконец, вероятно, настало время для фермеров на Индо-Гангской равнине повысить уровень диверсификации производства, выходя за рамки выращивания лишь риса и пшеницы. Диверсификация от злаков к другим высокоценным культурам понизит биотическое и абиотическое давление на систему и позволит сохранять почву и воду^{6, 24}. Диверсификация культур также позволяет мелким фермерам расширить свои возможности для повышения дохода. На северо-западе в качестве элемента чередования культур в системе риса и пшеницы в настоящее время выращиваются сахарный тростник, золотистая фасоль, мята, кукуруза и картофель. На востоке равнины, где зима более короткая, наблюдается растущая тенденция к полному замещению пшеницы картофелем и кукурузой, что обеспечивает более высокую экономическую отдачу¹.

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ
КУЛЬТУР
Позволяет
Мелким
Фермерам
Расширить свои
Возможности
для повышения
Дохода



Агроэкологическая зона
Умеренная, субтропическая
неорошаемая и орошаемая

Основной злак Кукуруза

Другие культуры
Зернобобовые и кормовые
бобовые

7. Кукуруза и бобовые по всему миру

Традиционная система позволяет более производительно использовать землю

Стало привычным видеть на кукурузных полях мелких фермеров такие растения, как каянус, вигна, арахис и канавалия мечевидная

Системы «кукуруза–бобовые» существуют в трех основных конфигурациях. Первая – это совместное выращивание, при котором кукуруза и бобовые высаживаются одновременно в одних и тех же или перемежающихся рядах. Другой подход – это последовательное возделывание, когда кукурузу и бобовые высаживают в различные сроки и выращивают совместно, по крайней мере в течение части их жизненного цикла. Кукурузу и бобовые можно также выращивать как монокультуры поочередно, когда кукурузу высаживают на том же поле после сбора урожая бобовых.

Такие системы широко распространены в развивающихся странах. Обычно вы-

саживаемые бобовые включают фасоль, каянус, вигну, арахис и сою, которые выращивают главным образом для потребления в пищу, а также несъедобные виды, такие как бархатные бобы и канавалия мечевидная, которые используются на корм скоту. Все они фиксируют азот в почве и являются полезными источниками растительной массы, которую можно оставлять на поверхности почвы в качестве мульчи.

Совместное выращивание кукурузы и бобовых – это традиционная практика мелких фермеров в Ла-

тинской Америке, особенно в высокогорных местах с нехваткой земельных угодий. В Перу практически все производство бобовых, а в Эквадоре около 80% производства сосредоточено на кукурузных полях. В районах Центральной Америки, где площадь сельскохозяйственных

угодий ограничена и количество осадков невелико, кукурузу нередко выращивают совместно с конскими (кормовыми) бобами^{1,2}.

При совместном выращивании кукурузы и бобовых их урожаи обычно ниже, чем урожаи монокультур этих растений. Исследования показали, что при монокультурном выращивании кукурузы урожай составляет 5,3 тонны с гектара, при совместном выращивании с кустовой фасолью – 5,2 тонны, а при совместном выращивании с вьющейся фасолью – 3,7 тонны³. Однако при совместном выращивании стоимость производства на единицу продукции

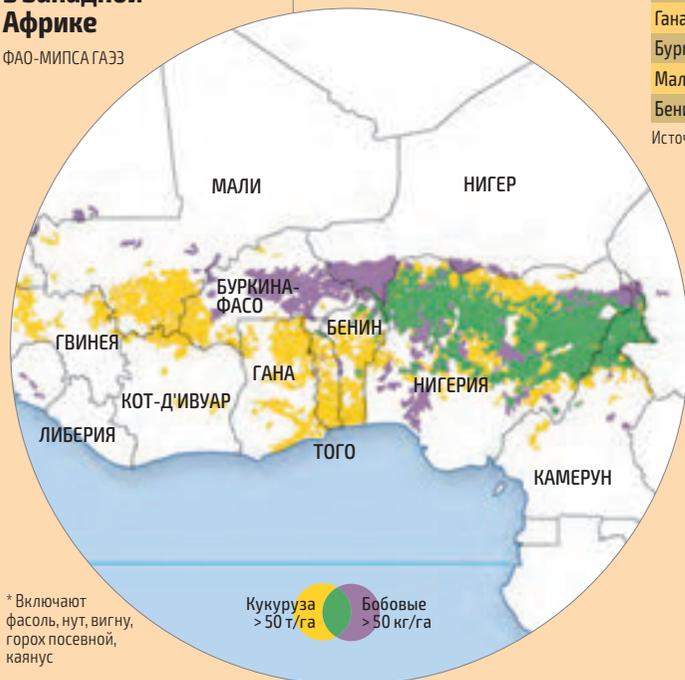
5 ведущих производителей кукурузы, 2013 г.

Страна	Производство (млн тонн)
Нигерия	10,40
Гана	1,76
Буркина-фасо	1,71
Мали	1,50
Бенин	1,35

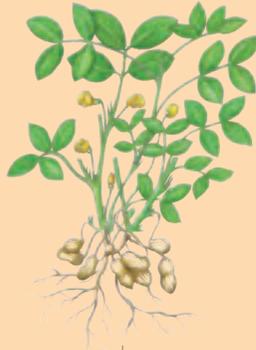
Источник: ФАОСТАТ

Регионы производства кукурузы и бобовых* в Западной Африке

ФАО-МИПСА ГАЭЗ



* Включают фасоль, нут, вигну, горох посевной, каянус



обычно ниже, и поскольку продажная цена фасоли вплоть до четырех раз выше по сравнению с ценой кукурузы, фермеры получают более высокий и стабильный доход⁴.

Каянус устойчив к засухе, и поэтому его часто выращивают совместно с зерновыми в мелких фермерских системах в Азии, Африке и странах Карибского бассейна. Он также имеет глубокие корни и поэтому не конкурирует с кукурузой за воду, а также медленно растет на ранних стадиях, что позволяет кукурузе укорениться надлежащим образом.

Так же как при посадке кукурузы совместно с фасолью, кукуруза и каянус при совместном выращивании дают несколько меньшие урожаи, чем при изолированном возделывании каждой культуры по отдельности. Однако общие урожаи от совместного выращивания превышают те, которые были бы получены при использовании соответствующих монокультур. Всесторонние исследования совместного выращивания кукурузы и каянуса в Южной Африке показали, что такая система почти вдвое продуктивнее на единицу площади по сравнению с монокультурами⁵. В системах выращивания кукурузы совместно с каянусом в Индии и Шри-Ланке наиболее высокую чистую отдачу получали при выращивании четырех рядов кукурузы вперемежку с двумя рядами каянуса⁶.

Трехлетнее исследование, проведенное в центральных регионах Малави, показало, что совместное выращивание кукурузы и каянуса в условиях ресурсосберегающего земледелия позволяло получать почти вдвое

больше вегетативной биомассы, а в более засушливые годы – на 33% больше зерна кукурузы, чем при традиционной монокультуре кукурузы

с культивацией почвы⁷. В Мозамбике длительное совместное выращивание кукурузы и бобовых при нулевой обработке почвы способствовало пятикратному улучшению инфильтрации дождевой воды благодаря формированию высококачественной биомассы, дающей мульчу⁸. В Панаме посев кукурузы на мульче канавалии мечевидной позволил фермерам экономить по 84 кг азотных удобрений на гектар⁹.

Последовательное выращивание практикуется в Бразилии, Колумбии и Центральной Америке, где кукурузу высаживают в мае-июне, а бобовые – в промежутках между кукурузными растениями – в августе-сентябре. Это позволяет кукурузе в достаточной степени развиться для обеспечения поддержки для ползучих растений бобовых³. На севере Ганы засев полей вигной за 3–6 недель до кукурузы позволяет собирать полезный урожай продовольственной культуры ко времени, когда другие зерновые еще не созрели, и при сохранении растительных остатков обеспечивает поступление азота в почву¹⁰.

Чередование кукурузы и бобовых также позволяет поддерживать плодородие почвы.

В Мексике мелкие фермеры разработали систему, в соответствии с которой выращивают бархатные бобы в течение кукурузного «межсезонья», что ведет к значительному повышению уровня рН почвы и содержания в ней органи-

Каждый год африканские фермеры собирают около 11,5 млн тонн арахиса

**ВЫРАЩИВАНИЕ
КУКУРУЗЫ ВМЕСТЕ
С КАЯНУСОМ
ПОЗВОЛЯЕТ
ПОЛУЧАТЬ ПЛОТНО
ВДВОЕ БОЛЬШОЙ
УРОЖАЙ, ЧЕМ
МОНОКУЛЬТУРА**

**ЧЕРЕДОВАНИЕ
КУКУРУЗЫ И СОИ
СОКРАЩАЕТ
ЭРОЗИЮ ПОЧВЫ
И ОСЛАБЛЯЕТ
ВОЗДЕЙСТВИЕ
ВРЕДИТЕЛЕЙ НА
ОБЕ КУЛЬТУРЫ**

ческих веществ и азота. Это, в свою очередь, позволяет на 25% повысить последующий урожай кукурузы. В исследовании делается вывод, что система чередования является более эффективной по сравнению с совместным выращиванием¹¹.

В рамках осуществляемой под руководством СИММИТ программы устойчивой интенсификации систем выращивания кукурузы и бобовых на востоке и юге Африки было выяснено, что в условиях ресурсосберегающего земледелия наиболее высокие урожаи кукурузы получают при ее чередовании с бобовыми, такими как фасоль, вигна и соя. В Малави обычная урожайность кукурузы составляла 3–7 тонн с гектара. При следовании принципам ресурсосберегающего земледелия урожаи выросли до 3,9 тонны. Если к этому добавляли предварительное выращивание сои, урожаи достигали 4,5 тонны [РИС. 3.7]¹².

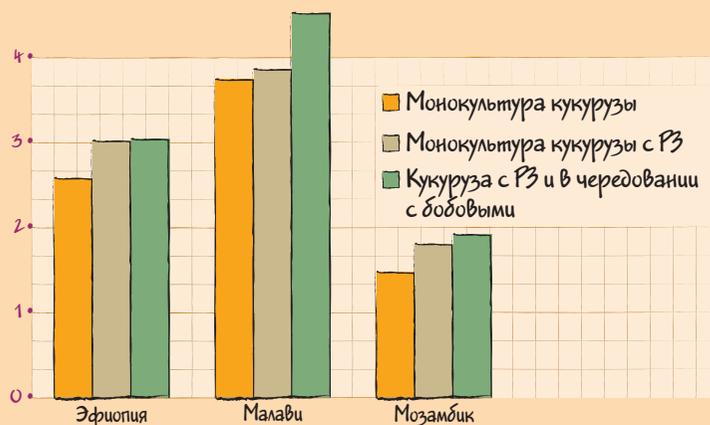
Высокопроизводительная система чередования кукурузы и сои практикуется в Нигерии. При высаживании перед кукурузой соя сокращает заражение стригой путем стимулирования преждевременного прорастания семян этого сорного растения. Соя позволяет получать урожай в размере около 2,5 тонны

зерна и 2,5 тонны фуража с гектара, а образующиеся растительные остатки обеспечивают поступление в почву от 10 до 22 кг азота на гектар. Азот усваивается посаженной на этом месте кукурузой, урожаем которой вплоть до 2,3 раза выше, чем при монокультурном выращивании.

Объем производства сои нигерийскими фермерами вырос с менее 60 000 тонн в 1984 году до 600 000 тонн в 2013 году¹³. Стимулом для роста производства послужил тот факт, что в условиях данной системы валовой доход был на 50–70% выше, чем при использовании монокультуры кукурузы. Рост урожаев и расширение посевных площадей под сою в сухой саванне Нигерии позволили получить дополнительный фиксированный азот, стоимость которого оценивается в 44 млн долл. США в год¹⁴.

В Бразилии сою нередко чередуют с кукурузой. В южных штатах Мату-Гросу и Парана кукуруза – это урожай второго сезона, который высевают на мульчу ранозревающей сои, что улучшает доступ к влаге для кукурузы и сокращает эрозию почвы. Чередование культур позволяет получать два урожая с одного и того же поля и смягчает неблагоприятное воздействие вредителей на обе куль-

Рисунок 3.7 Влияние ресурсосберегающего земледелия (РЗ) и чередования с бобовыми на урожайность кукурузы (т/га)



Источник: адаптировано из таблиц 1–3, стр. 380¹²



туры, что ведет к более устойчивому производству и повышению дохода и средств к существованию фермеров¹⁵.

Польза систем чередования кукурузы и бобовых хорошо известна.

Однако мелкие фермеры, которые полагаются на урожаи продовольственных культур для обеспечения семейной продовольственной безопасности, особенно в Африке, часто не желают занимать свои поля кормовыми бобовыми на половину года или на целый год, невзирая на долгосрочные выгоды¹⁶. Внедрение таких систем в Африке также тормозится дисфункциональными рынками для чередуемых культур, дефицитом посадочного материала и особенностями восприятия риска среди фермеров¹⁷.

Правительства могли бы инвестировать в развитие мелкофермерских систем чередования кукурузы и бобовых в качестве обеспечения продовольственной безопасности, повышения доходов фермеров и улучшения здоровья почвы. Поскольку несъедобные бобовые, та-

кие как бархатные бобы, обладают весьма высоким потенциалом связывания углерода, для популяризации внедрения этих систем мелкими фермерами возможно использование финансирования, предназначенного для ослабления процессов изменения климата.

Сорта кукурузы и бобовых, которые дают высокие урожаи в монокультуре, обычно сохраняют эти свойства при совместном выращивании. Однако отмечены различия в применимости определенных сортов для систем «кукуруза–бобовые». Следует направлять усилия селекционеров на использование продуктивных взаимодействий, таких как выращивание кукурузы с прочным стеблем, который может выдерживать более значительный вес бобовых растений. В целом системы «кукуруза–бобовые» могут демонстрировать значительную специфичность в зависимости от конкретной местности. Поэтому данная система и ее разновидности требуют тщательной проверки на фермерских полях.

Сорта кукурузы, обладающие прочным стеблем, выдерживают более значительный вес ползучих растений бобовых

Агроэкологическая зона

Муссонные затопляемые системы

Основной злак Рис**Другая продукция**

Рыба, ракообразные, улитки

8 · Рис и аквакультура Азия

Более богатый урожай с рисовых полей

Выращивание риса часто комбинируют с разведением рыбы вокруг рисовых полей, что дает пищу, способствует борьбе с вредителями и служит источником удобрений для производства риса. Результат: снижение затрат, повышение урожайности и улучшение питания в домохозяйствах

Рисовое поле, залитое водой, – это больше, чем растущая сельскохозяйственная культура, это экосистема, изобилующая различными формами жизни. Там обитают утки, рыбы, лягушки, креветки, улитки и десятки других видов водных организмов. В течение тысячелетий рисоводы использовали это богатство водного биоразнообразия для обеспечения своих семей широким набором пищевых продуктов, богатых энергией и питательными веществами. Традиционная рисо-рыбная агроэко-

система обеспечивала поступление питательных микроэлементов, белков и основных жирных кислот, которые особенно важны в питании беременных женщин и маленьких детей¹.

В течение 1960-х и 1970-х годов, по мере того как политика, благоприятствующая выращиванию современных высокоурожайных сортов риса,

Производство аквакультуры на рисовых полях, 2010 г.

(млн тонн)

Китай	1 200 000
Индонезия	92 000
Таиланд	21 000*
Филиппины	150
Непал	45

* Данные за 2008 год
Источник: ФАО, 2012. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2012 год. Рим.

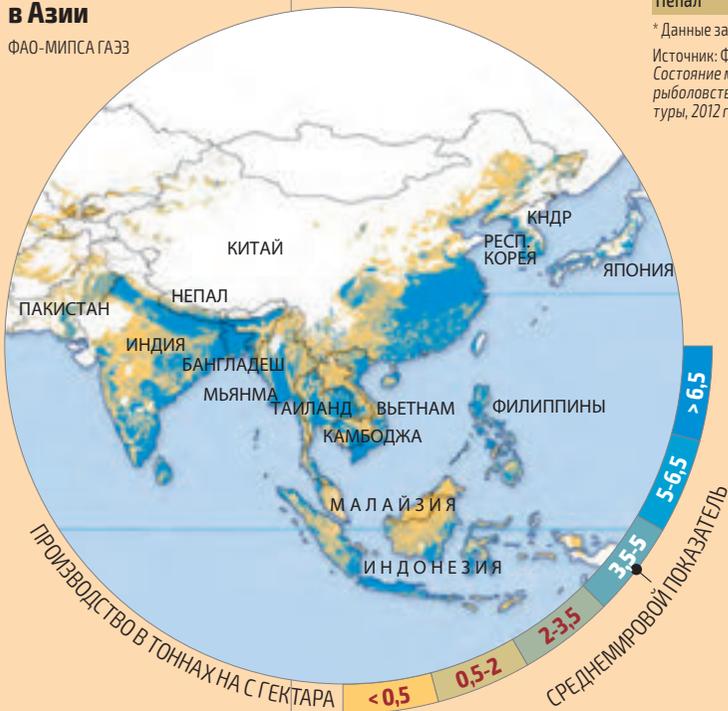
и соответствующий рост в использовании агрохимических технологий трансформировали азиатское сельское хозяйство, привычные фермерские системы, которые сочетали производство риса с аквакультурой, начали исчезать. Однако когда социальные и экологические последствия стали более очевидны, возник обновленный интерес к разведению рыбы на рисовых полях^{2,3}.

Различают две основные рисо-рыбные производственные системы. Наиболее часто используется система одновременного разведения, когда рыбу и рис выращивают на том же поле в одно и то же время; ротационная культура, когда рис и рыбу культивируют в различное время, распространена в меньшей степени. Можно выращивать как современные короткостебельные, так и традиционные длинностебельные сорта риса, а также разводить почти все значимые виды пресноводных рыб и ряд видов ракообразных^{2,4}.

В Китае рисоводы выращивают рыбу в канавах шириной до 100 см и глубиной 80 см, которые прорывают вокруг и поперек затопляемого поля и которые занимают около 20% пло-

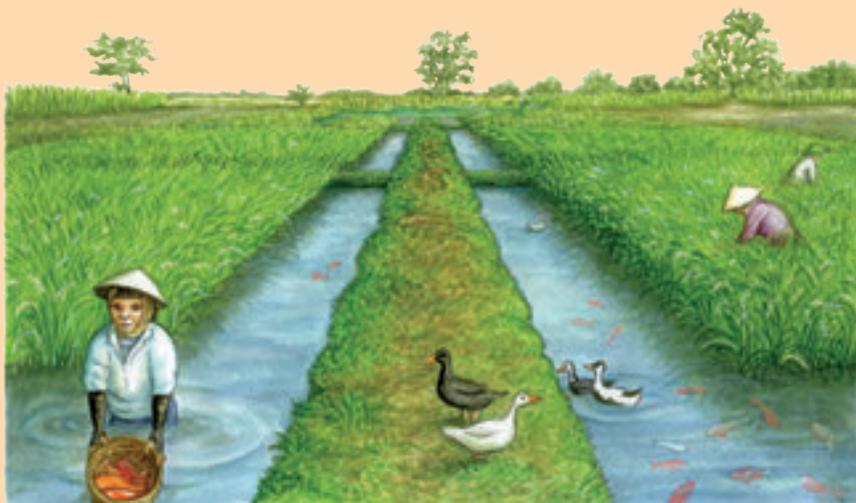
Регионы производства риса в Азии

ФАО-МИПСА ГАЭЭ



ПРОИЗВОДСТВО В ТОННАХ НА СЕКТАРА

СРЕДНЕМИРОВОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ



щади чека. Эти каналы для удерживания рыбы огораживают бамбуковыми стенками или сетями. Рыба в традиционных рисо-рыбных системах питается сорняками и побочными продуктами переработки урожая; при более интенсивном производстве обычно требуется внесение искусственных кормов. При хорошем управлении на один гектар рисового поля за год можно получать от 225 до 750 кг рыбы или ракообразных, в то же время поддерживая урожай риса на уровне от 7,5 до 9 тонн⁵.

Сочетание различных видов растений и животных обеспечивает продуктивность и высокую питательную ценность рисо-рыбных систем. В одинаковой степени важны взаимодействия между растительными и животными видами, которые улучшают устойчивость производства. Исследования, проведенные в Китае, показали, что в рисо-рыбных полях было на 50% меньше рисовых стеблевых пилильщиков. Один обычный карп может ежедневно поедать до 1000 юных особей улитки ампулярии; белый амур питается грибами, которые вызывают ризоктониоз стеблей и листовых влагалищ риса².

В рисо-рыбных системах обычно проще бороться с сорняками, поскольку уровни воды выше, чем на полях, используемых только для выращивания риса. Рыбы также могут быть более эффективным сред-

ством борьбы с сорняками, чем гербициды или ручная прополка². Благодаря использованию рыб для комплексной борьбы с вредителями рисо-рыбные системы позволяют получать урожаи, сравнимые с урожаями монокультуры риса или даже превышающие их, при одновременном снижении расхода пестицидов на величину до 68%. Это обеспечивает качество воды и сохранение биоразнообразия⁶.

Взаимодействие между растительными и животными видами в рисо-рыбных полях также повышает плодородие почвы. Питательные вещества, содержащиеся в рыбном корме, возвращаются обратно в поля через экскременты и таким образом могут немедленно усваиваться растениями риса. По сообщениям из Индонезии, Китая и Филиппин, фермеры, использующие рисо-рыбную систему, тратят меньше денег на удобрения².

Разведение рыбы сокращает территории, отводимые на культивирование риса. Однако более высокие урожаи риса, доход от его продажи и экономия на удобрениях и пестицидах обеспечивают чистый доход выше, чем при выращивании монокультуры риса [РИС. 3.8]². У рисоводов, выращивающих высокоценные виды аквакультуры, норма прибыли может быть на 400% выше⁶.

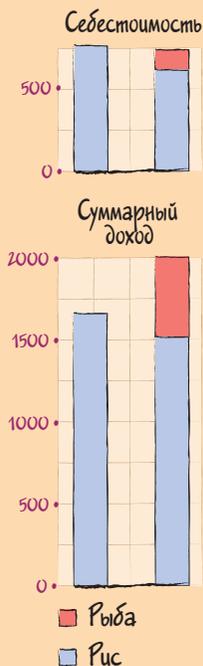
Разведение рыбы в рисовых полях также благоприятно влияет на

Рисовый чек площадью в 1 га дает ежегодно до 750 кг рыбы и 9 тонн риса



Улитки, добываемые на рисовых полях в Индонезии, – это местный деликатес

Рисунок 3.8 Экономика рисо-рыбных хозяйств и монокультуры риса, Индонезия (долл. США/га)



Источник: адаптировано из таблицы 15, стр. 50²

здоровье населения местных сообществ. Рыба питается переносчиками серьезных болезней, в частности комарами, которые переносят возбудителей малярии. Полевые опросные исследования в Китае показали, что плотность личинок комаров в рисо-рыбных полях втрое меньше, чем при монокультурном выращивании риса. На одной из территорий Индонезии, после того как в рисовые поля было внедрено рыбоводство, распространенность малярии снизилась с 16,5% почти до нуля².

Сочетание рисоводства и аквакультуры также обеспечивает более эффективное использование воды.

Вместе с тем рисо-рыбное хозяйство требует примерно на 26% больше воды, чем монокультура риса². Поэтому в регионах, где водные ресурсы ограничены, внедрение рисо-рыбных систем не рекомендуется. Однако, по оценкам ФАО, почти 90% общемирового риса выращивается в условиях, которые пригодны для разведения рыбы и других водных организмов⁶.

В Китае аквакультура на рисовых полях стабильно растет в течение последних двух десятилетий: в 2010 году объем производства составил 1,2 млн тонн рыбы и других водных организмов⁶. Новые возможности для диверсификации производства открываются в Индонезии, где улитка тутут (*Pila ampullacea*) – традиционный компонент сельского рациона – становится весьма востребованным видом здоровой пищи для городских потребителей⁴. Восстановление рисо-рыбного хозяйства активно пропагандируется правительством Индонезии, которое недавно ввело в действие программу «Один миллион гектаров рисо-рыбного хозяйства»⁷.

Несмотря на то что имеются убедительные свидетельства социальных, экономических и экологических выгод аквакультуры в системах

выращивания риса, уровень ее внедрения за пределами Китая остается низким. В других странах Азии под рисо-рыбное производство отведено лишь немногим более 1% от всех площадей орошаемого рисоводства. Интересно отметить, что за пределами Азии пропорционально наибольшие площади под рисо-рыбные хозяйства характерны для Мадагаскара, где они составляют почти 12%².

Имеется много причин для слабого развития рисо-рыбного хозяйства, включая недостаточную информированность о его полезном эффекте, широкое распространение дешевых пестицидов, а также ограниченный доступ мелких фермеров к кредитам для инвестирования в разведение рыбы².

Преодоление этих барьеров затруднено, поскольку требует проведения многоотраслевой политики. Потребности в развитии рисо-рыбного хозяйства должны активно пропагандироваться руководителями сельскохозяйственного сектора и агрономами, которые понимают пользу интеграции аквакультуры и рисоводства и могут донести эту идею до рисоводческих сообществ. Так же как ранее стратегии сельскохозяйственного развития продвигали крупномасштабную рисовую монокультуру, теперь они могут помочь в реализации потенциала интенсивных, но при этом устойчивых рисо-рыбных производственных систем.



9 · Кукуруза и лесоводство страны юга Африки

Где деревья и кустарники стоят дешевле удобрений

Выращивание деревьев и кустарников семейства бобовых совместно с кукурузой формирует высококачественную, богатую азотом остаточную биомассу, что повышает плодородие почвы, стимулирует рост урожаев и создает новые источники дохода

Продовольственная безопасность в Замбии и Малави зависит от производства кукурузы. Однако в обеих странах средние урожаи невысоки – всего 1,2 тонны с гектара. Лишь один из четырех мелких фермеров в Замбии и один из пяти в Малави выращивают достаточно кукурузы для продажи на рынке. Поскольку производство кукурузы почти полностью неорошаемое, урожай в высокой степени чувствителен к перепадам осадков и температуры, и эта уязвимость, по всей вероятности, повысится по мере изменения климата. В Малави засуха, случившаяся в 2004–2005 годах, вызвала

среднее сокращение урожая кукурузы до 0,76 тонны с гектара, в результате чего 5 миллионам жителей Малави, почти 40% населения, потребовалась продовольственная помощь¹.

Одно из основных препятствий, с которыми сталкиваются фермеры при попытках увеличить производство кукурузы, – это низкое пло-

дородие почвы. Многие фермеры, выращивающие кукурузу, не располагают достаточными средствами для закупки минеральных удобрений и не могут получить необходимое количество органического удобрения, такого как навоз. Десятилетия интенсивного земледелия без удо-

5 ведущих производителей кукурузы, 2013 г.

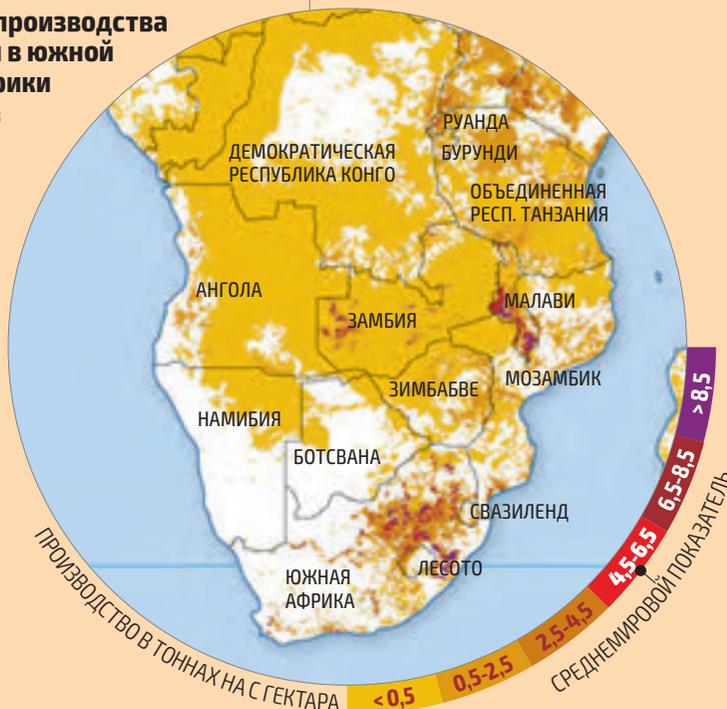
(млн тонн)

Южная Африка	12,37
Объединенная Респ. Танзания	5,36
Малави	3,64
Замбия	2,53
Мозамбик	1,63

Источник: ФАОСТАТ

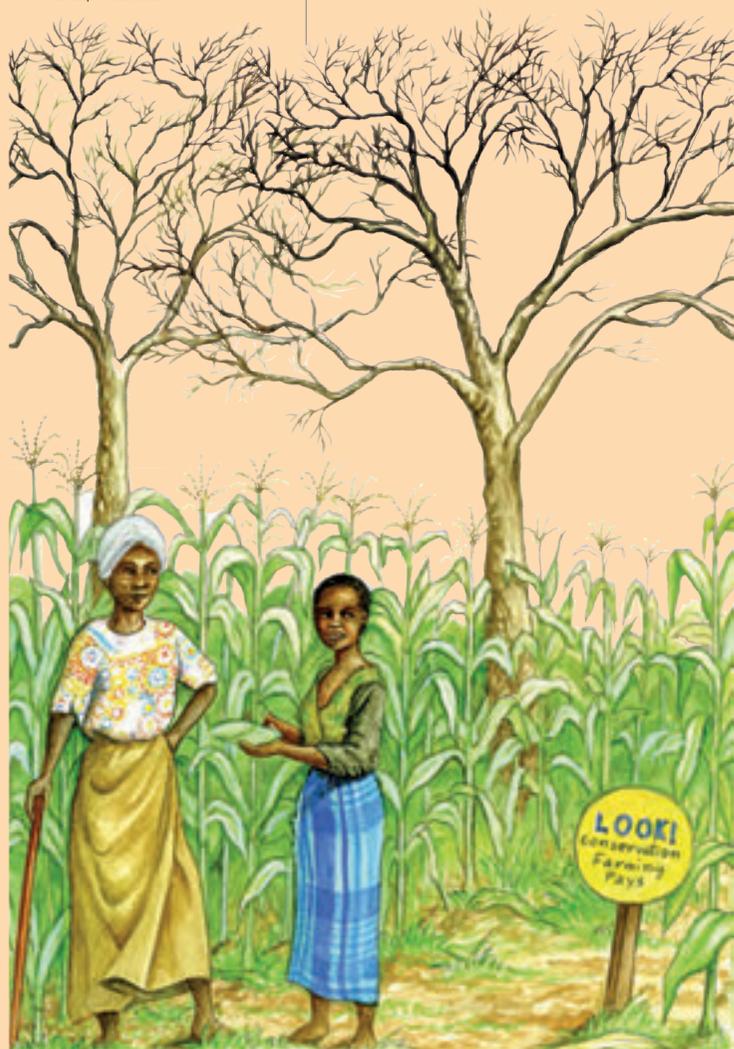
Регионы производства кукурузы в южной части Африки

ФАО-МИПСА ГАЗЗ



брений привели к истощению питательных веществ, особенно азота, в почве¹. Для решения этой проблемы под эгидой Замбийского национального союза фермеров были изучены пути интеграции азотфиксирующих деревьев в системы выращивания кукурузы². Наиболее перспективным кандидатом стало дерево файдхербия беловатая (*Faidherbia albida*) – один из африканских видов акации, обладающий необычными характеристиками роста. Дерево пребывает в спячке в начале сезона дождей и сбрасывает листья к моменту прорастания полевых культур. К концу сезона дождей листья вновь распускаются. Кукурузу можно вы-

Опадающие листья файдхербии обогащают почву азотом и органическими веществами



рашивать непосредственно под безлистной кроной таких деревьев, поскольку в период вегетации кукурузы они не конкурируют с этой сельскохозяйственной культурой за свет, питательные вещества или воду³.

Благодаря гниющим листьям почва под деревьями может содержать

вдвое больше органических веществ и азота, чем за пределами проекции кроны. Также отмечается выраженное увеличение микробиологической активности в почве и усиление ее способности удерживать воду⁴.

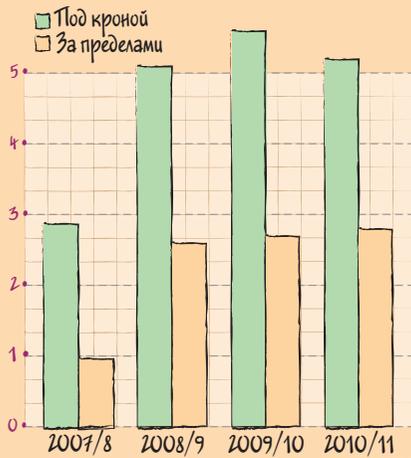
В многочисленных исследованиях продемонстрирован рост урожаев кукурузы при ее выращивании совместно с файдхербией, причем этот рост более заметен на участках со скудной почвой. В Замбии урожайность кукурузы, выращиваемой за пределами проекции кроны дерева, в среднем составляет 1,9 тонны с гектара, по сравнению с 4,7 тонны там, где урожай выращивают под кроной [РИС. 3.9]⁵. В Малави в условиях, когда кукурузу выращивали совместно с файдхербией, урожаи были выше на 100–400%¹.

В обеих странах популяризируют разведение файдхербии как часть систем ресурсосберегающего земледелия, которые предоставляют мелким фермерам средства повышения продуктивности кукурузы и получения более высоких доходов от продажи. В соответствии с национальными рекомендациями предлагается выращивать по 100 деревьев на гектар гнездовым способом на расстоянии 10 метров друг от друга¹.

В Замбии в настоящее время выращивают файдхербию в системах ресурсосберегающего возделывания кукурузы на площади около 300 000 га. Около полумиллиона ферм с такими деревьями имеется в Малави. Фермеры смогли восстановить большинство файдхербий просто путем поддержки естественной регенерации ростков деревьев на своей земле⁶.

Несмотря на то что файдхербия – это один из наиболее быстрорасту-

Рисунок 3.9 Средняя урожайность кукурузы под кроной фойдхербии беловатой и за пределами ее проекции (т/га)



Источник: адаптировано из рисунка 3, стр. 11⁵

щих видов акации, данный подход при низком плодородии почвы не дает немедленных результатов. Треть из опрошенных 300 фермеров в Замбии указали на то, что урожай повысился в период от 1 до 3 лет, а 43% отметили, что прошло вплоть до 6 лет, прежде чем они увидели благоприятные результаты в плане производства⁶.

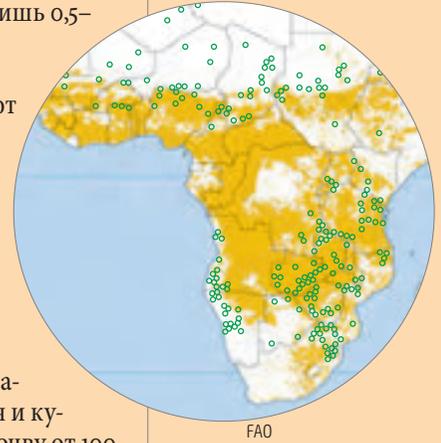
Посадка порослевых бобовых деревьев, таких как глирицидия заборная (*Gliricidia sepium*), требующая меньше времени для укоренения, – это еще один путь устойчивого повышения производства кукурузы. На мелких фермах на юге Малави Всемирный центр агролесоводства продвигает внедрение системы, в соответствии с которой фермеры высаживают глирицидию в рядах на своих кукурузных полях, проводят обрезку два или три раза в год и смешивают обрезанную листву с почвой. Результаты десятилетнего исследования показывают, что на неудобренных участках, где глирицидию выращивают совместно с кукурузой, средний урожай составляет 3,7 тонны с гектара, в удачные годы достигая 5 тонн с гектара. На неудобрен-

ных участках без глирицидии средние урожаи составляли лишь 0,5–1,0 тонну с гектара¹.

На территориях, где участки земли превышают 1 га, выращивание бобовых кустарников, таких как сесбания (*Sesbania sesban*), на паровых полях – это еще один вариант обновления почвы и повышения урожая кукурузы. В полях, которые остаются под паром на два-три года, бобовые деревья и кустарники поставляют в почву от 100 до 250 кг азота на гектар. Даже несмотря на то что поля находятся в непроизводительном состоянии в течение двух из каждых пяти лет, общее производство и отдача от инвестиций выше, когда кукурузу выращивают в чередовании с азотфиксирующими кустарниками и деревьями¹.

В одном из исследований, проведенных на востоке Замбии, показано, что средний чистый доход составлял 130 долл. США на гектар, когда фермеры выращивали кукурузу без удобрений, 309 долл. США, когда ее выращивали в чередовании с сесбанией, и 327 долл. США, когда ее выращивали совместно с глирицидией. Фермеры, которые комбинировали выращивание кукурузы с использованием деревьев, получали более высокий доход на единицу инвестиций, чем те, кто использовал субсидированные или несубсидированные минеральные удобрения для непрерывного производства кукурузы⁷. Исследование подтвердило, что производство кукурузы в системах на основе агролесоводства является одновременно и социально выгодным, и финансово конкурентоспособным по сравнению с производством кукурузы с использованием лишь минеральных удобрений⁸.

Внедрение методов агролесоводства помогает мелким фермерам на востоке и юге Африки преодолеть одно из препятствий для внедрения



○ Распределение участков культивирования Фойдхербии беловатой в регионах выращивания кукурузы в Африке



Бобовый кустарник *Sesbania sesban* оздоравливает почву и способствует повышению урожая кукурузы

ресурсосберегающего земледелия – дефицит растительных остатков для поддержания постоянного растительного покрова почвы. Поскольку большинство африканских мелких фермеров также разводят скот, они нередко используют остаточную биомассу от сельскохозяйственных культур в качестве животных кормов. Когда на фермах растут деревья, имеется достаточно биомассы и для использования на корм скоту, и для повышения урожая кукурузы.

Деревья также служат источником топливной древесины для сельских домохозяйств. В Замбии фермеры могли собирать на участках под паром, засаженных сесбанией, через два года парования по 15 тонн топливной древесины с гектара, через три года – 21 тонну¹.

Агролесоводство улучшает структуру почвы и фильтрацию воды, что, в свою очередь, повышает устойчивость ферм, особенно тех, которые полагаются на осадки, к засухе и последствиям изменения климата. Более того, оно может играть важную роль в ослаблении процесса изменения климата. Ресурсосберегающее земледелие с использованием деревьев позволяет фиксировать 2–4 тонны углерода на гектар каждый год, по сравнению с 0,2–0,4 тонны при почвозащитных методах без использования деревьев. Кроме того, путем повышения производства кукурузы и снабжения топливной древесиной фермерские системы, которые используют деревья в комплексе с выращиванием кукурузы, могут снизить потребность в преобразова-

нии лесов в фермерские угодья, что является одним из основных источников выбросов парниковых газов.

В странах Сахеля, таких как Буркина-Фасо и Нигер, агролесоводство продемонстрировало способность улучшать урожаи и других зерновых, таких как просо и сорго. На основе дальнейших исследований и при активном вовлечении фермеров ресурсосберегающее земледелие с применением деревьев может быть распространено на гораздо более широкий круг систем выращивания продовольственных культур в масштабе всей Африки¹.

Агролесоводство не требует значительных финансовых вложений.

Фактически малоимущие фермеры нередко гораздо быстрее осваивают данный метод, чем более обеспеченные. Несмотря на то что на начальном этапе перехода к системе выращивания кукурузы в сочетании с лесоводством требуется больше трудозатрат, по мере того как фермеры осваивают новые приемы, их труд можно использовать более эффективно. Вместе с тем интеграция деревьев в производство сельскохозяйственных культур требует значительного объема знаний. Поддержка в области политики, непрерывное проведение научных исследований и деятельность сельских консультативных служб с вовлечением мелких фермеров имеют ключевое значение для устойчивого распространения фермерских систем, объединяющих кукурузу, кустарники и деревья¹.

**МАЛОИМУЩИЕ
ФЕРМЕРЫ
НЕ РЕДКО БЫСТРЕЕ
ОСВАИВАЮТ
АГРОЛЕСОВОДСТВО,
ЧЕМ БОЛЕЕ
ОБЕСПЕЧЕННЫЕ**

10 · Пшеница Центральная Азия

Фермеры прекращают вспашку казахстанских степей

В Казахстане уже достигнут значительный прогресс в полномасштабном внедрении агроэкологических подходов к выращиванию пшеницы

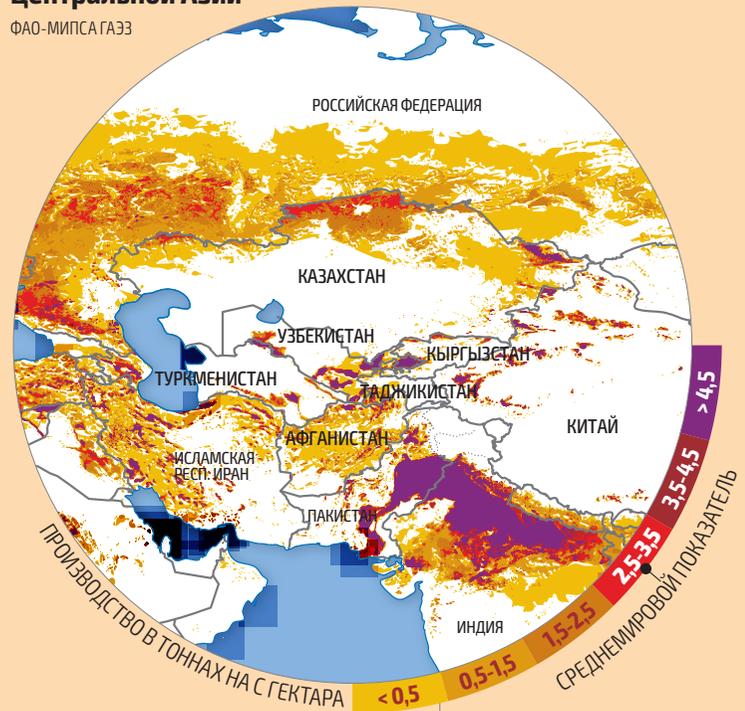
Весной 2012 года, когда сельскохозяйственные предприятия по всей территории полусухих степей Северного Казахстана приступили к севу пшеницы, регион поразил одна из наиболее тяжелых засух в истории данного региона. На многих территориях не было дождя в период с апреля по сентябрь. Что еще более ухудшило ситуацию: дневные летние температуры выросли на несколько градусов выше нормы¹. В том году многие фермеры потеряли весь урожай, и совокупный объем производства пшеницы в Казахстане, который в 2011 году достиг 23 млн тонн, существенно снизился и составил менее 10 млн тонн².

Некоторые фермеры, однако, сохранили свои урожаи. В их числе были все более многочисленные казахстанские хлеборобы, которые полностью внедрили принципы ресурсосберегающего земледелия, включая нулевую обработку, задержку пожнивных остатков на поверхности почвы и чередование культур¹. Эта практика позволила повысить содержание органического углерода в почве и улучшить ее структуру, обеспечив более эффективную инфильтрацию и сохранение влаги, образующейся в результате таяния зимних снегов³. В результате некоторые фермеры в Костанайской области получили в 2012 году урожай в объеме 2 тонн с гектара – почти вдвое больше средних национальных показателей за предшествующие годы¹.

Около 2 млн из 19 млн га посевных площадей в Казахстане возделываются с применением ресурсосберегающих технологий. На 9,3 млн га

Регионы производства пшеницы в Центральной Азии

ФАО-МИПСА ГАЗЭ



фермеры применяют минимальную обработку почвы с использованием чизельных плугов с культивацией на небольшую глубину [РИС. 3.10]^{4, 5}. Повсеместное внедрение методов ресурсосберегающего земледелия в хлебной житнице на севере Казахстана вызвано актуальной необходимостью. Несмотря на то что страна обладает обширными земельными ресурсами для возделывания пшеницы и является одним из ведущих мировых производителей и экспортеров высококачественной пшеницы и муки⁶, урожайность всецело зави-

Агроэкологическая зона
Умеренно-континентальная, неорошаемая

Основной злак Пшеница

Другие культуры

Овес, гречиха, сорго, масличные культуры, бобовые

5 ведущих производителей пшеницы, 2013 г.

(млн тонн)

Казахстан	13,94
Узбекистан	6,84
Афганистан	5,16
Туркменистан	1,25
Таджикистан	0,92

Источник: ФАОСТАТ

Рисунок 3.10 Изменения посевных площадей с различными методами обработки почвы в Казахстане (млн га)



Источник: адаптировано из таблицы 2, стр. 4⁴

сит от осадков и поэтому весьма уязвима к потере почвенной влаги¹.

Производители пшеницы уже в 1960-х годах начали внедрять методы щадящей обработки почвы, для того чтобы справиться со значительными потерями почвы вследствие ветровой эрозии. К концу XX века минимальная обработка почвы являлась общераспространенной практикой. В 2000 году СИММИТ и ФАО вместе с казахстанскими учеными и фермерами приступили к реализации программы по внедрению методов ресурсосберегающего земледелия в богарных районах, а также гребневого посева пшеницы в условиях орошения на юге страны⁷.

Полевые испытания на севере показали, что в условиях нулевой обработки урожаи пшеницы были на 25% выше, чем на вспаханных землях, в то время как трудозатраты снизились на 40%, а расход топлива – на 70%. Испытания также продемонстрировали преимущество выращивания овса в летний период по сравнению с парованием. В совокупности с урожаем овса общий урожай зерновых с той же площади земли повысился на 37%, в то время как эрозия почвы значительно снизилась⁷.

Сегодня Казахстан занимает одно из ведущих мест в мире по использованию технологии нулевой обработки. Площадь земельных угодий, которая не подвергается вспашке, повысилась от нуля в 2000 году до 1,4 млн га к 2008 году⁸. Такой рост объясняется весьма высоким уровнем внедрения этой передовой методики на крупных сельскохозяйственных предприятиях, обрабатывающих более чем по 50 000 га, где руководство стремится к повышению производительности при сокращении расходов⁹. Однако данный подход также применяется и на малых и средних фермах – категория, которая в условиях малой плотности населения в Казахстане варьируется от 500 до 2500 га¹⁰. Уровень внедрения особенно высок на фермах с богатыми черноземами, где высокие доходы

обеспечивают возможность капиталовложений в сельскохозяйственную технику для ресурсосберегающего земледелия⁷.

На площадях, обрабатываемых без нарушения почвы, борьба с сорняками часто проводится путем применения гербицидов¹¹. Однако многие фермеры обнаружили, что сочетание нулевой обработки с сохранением постоянного растительного покрова почвы также помогает в подавлении роста сорняков. Без обработки почвы естественный запас в ней семян сорняков со временем уменьшается, а разложение растительных остатков приводит к высвобождению гуминовых кислот, которые препятствуют прорастанию семян. Нулевая обработка обычно требует повышенного расхода гербицидов в первые несколько лет использования данной практики, однако по прошествии 4–5 лет распространенность сорняков и, таким образом, расход гербицидов значительно сокращается⁵.

Другим преимуществом сохранения пожнивных остатков в Северном Казахстане является то, что эта мера улучшает поступление воды для роста пшеницы. Годовое количество осадков колеблется от 250 до 350 мм, при этом зимний снежный покров составляет около 40%. Если снег уносится ветром, поверхность почвы остается обнаженной и сухой. Сохранение стерни от предшествующей жатвы удерживает снег, который при потеплении тает, насыщая почву влагой. Это дает два полезных эффекта: образуется больше влаги у поверхности почвы, и сокращается или даже полностью прекращается эрозия. Полевые исследования показали, что использование пожнивных остатков для задерживания снега наряду с нулевой обработкой может повысить урожаи на 58%⁹.

Прогресс во внедрении третьего основного элемента ресурсосберегающего земледелия – различных методов чередования культур, которые могли бы повысить продуктивность почвы и помочь фермерам в борьбе с вредителями и болезнями пшеницы,



– проходит более медленными темпами. Летний период вегетации в северных степях короткий, с высокой частотой засушливых годов¹².

Однако площади, традиционно занимаемые под летними парами, сокращаются по мере того, как фермеры используют осадки – иногда обильные – для выращивания овса, подсолнечника и канолы⁷. Исследования продемонстрировали высокий потенциал и других культур, используемых в севообороте, включая посевной горох, чечевицу, гречиху и лен¹³.

Трехлетнее исследование показало, что кормовое сорго, высеваемое в конце мая со сбором урожая в августе, не только давало корма на продажу или для силосования, но также оставляло прочную послеурожайную стерню, которая эффективно задерживала драгоценный зимний снег⁹.

Внедрение методов ресурсосберегающего земледелия в Казахстане позволило увеличить ежегодное производство пшеницы почти на 2 млн тонн, что достаточно для обеспечения продовольствием примерно 5 млн человек¹⁰. Дальнейший рост возможен в условиях выведения высокоурожайных сортов пшеницы, в большей степени подходящих для условий нулевой обработки, суро-

вых зим на севере страны и все более жарких летних периодов. Данная работа проводится в Мексике в рамках совместной программы с СИММИТ по скрещиванию казахстанских сортов пшеницы с сортами из Мексики, Канады и США⁴.

Ресурсосберегающее земледелие рассматривается как вполне применимое для всех основных систем растениеводства в Центральной Азии, от хлебной житницы Северного Казахстана до орошаемых полей пшеницы, риса и хлопка в Узбекистане и Таджикистане. Путем сокращения эрозии и содействия формированию здоровой почвы этот подход поможет в борьбе с опустыниванием и деградацией почвы, которые наносят странам Центральной Азии ущерб на ежегодную сумму примерно 2,5 млрд долл. США. Повышая эффективность использования воды, он может быть особенно полезным в орошаемых зонах: засоление, вызываемое в основном избыточным орошением, влияет на 11% орошаемых земель в Кыргызстане, 50% в Узбекистане и 96% в Туркменистане¹⁴.

В последние годы информация о ресурсосберегающем земледелии стала доступна фермерам по всему региону, и применение некоторых подходов в рамках этой практики

Казахстан – один из ведущих мировых производителей и экспортеров высококачественной пшеницы и муки

**НУЛЕВАЯ
ОБРАБОТКА ПЛОЧВЫ
И ПЛОЖИВНЫЕ
ОСТАТКИ,
ЗАДЕРЖИВАЮЩИЕ
СНЕГ, МОГУТ
УВЕЛИЧИТЬ
УРОЖАИ ПШЕНИЦЫ
НА 58%**



Казахстанские хлеборобы инвестировали 200 млн долл. США в оборудование для нулевой обработки почвы

В БОЛЬШИНСТВЕ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ВСЕ ЕЩЕ НЕТ ПРИНЯТОЙ ПОЛИТИКИ, СПОСОБСТВУЮЩЕЙ ВНЕДРЕНИЮ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

уже заметно на их полях. Например, в Узбекистане озимую пшеницу высевают на полях с кустами хлопчатника на площади около 600 000 га. В Таджикистане на площадях около 50 000 га после сбора урожая хлопка проводится прямой посев озимой пшеницы с минимальным повреждением почвы⁵. Испытания, проведенные недавно в рамках проекта ФАО в Азербайджане, убедили мелких фермеров внедрить методы ресурсосберегающего земледелия на 1800 га орошаемых земель¹⁵.

Однако полномасштабное внедрение методов ресурсосберегающего земледелия за пределами Северного Казахстана остается ограниченным. Даже на юге Казахстана внедрение гребневого посева пшеницы в условиях орошения и при нулевой обработке почвы задерживается в результате дефицита необходимого посевного оборудования и общего недостатка информированности фермеров о технологиях ресурсосберегающего земледелия. В большинстве стран Центральной Азии не принята политика, способствующая внедрению ресурсосберегающего земледелия. Фактически происходят обратные процессы: фермерам часто не хватает стимулов для внедрения методов экономии водных ресурсов, поскольку они не платят за воду, используемую для орошения³. В некоторых странах даже действуют нормативы относительно вспашки, которые не позволяют фермерам оставлять пожнивные остатки на полях⁵.

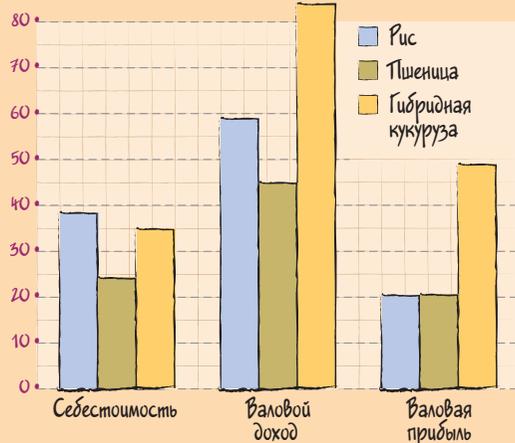
В Узбекистане были успешно испытаны рядовые сеялки, однако в продажу они не поступили¹¹.

Переход к ресурсосберегающему земледелию в Центральной Азии

должен начинаться с повышения информированности о его преимуществах среди всех заинтересованных сторон, включая фермеров, научных работников, распространителей передового опыта и руководителей, определяющих политику¹⁴. Правительства могут поддерживать такой переход путем содействия развитию местных мощностей для производства сельскохозяйственной техники для ресурсосберегающего земледелия, особенно рядовых сеялок, адаптированных к местным почвенным и климатическим условиям¹⁵.

Многие страны могли бы извлечь полезные уроки из опыта Казахстана, где государственная политика содействует внедрению ресурсосберегающего земледелия, а развитие и распространение технологий водосбережения является приоритетным вопросом сельскохозяйственных научных исследований. В 2011 году Казахстан внедрил практику предоставления субсидий на приобретение оборудования для ресурсосберегающего земледелия, в 3–4 раза превышающих соответствующие субсидии для традиционных технологий³. Государственная поддержка дала стимул фермерским хозяйствам в Северном Казахстане инвестировать примерно 200 млн долл. США в оснащение своих предприятий сельскохозяйственной техникой для нулевой обработки¹⁶.

Рисунок 3.11 Экономика производства риса, пшеницы и гибридной кукурузы в течение сухого сезона в Бангладеш (тыс. так/га)



Источник: адаптировано из таблицы 2, стр. 41³

сокоурожайную гибридную кукурузу, которая требует значительного поступления питательных веществ. Стоимость производства кукурузы фактически выше по сравнению с другими традиционными зимними зерновыми, и в результате менее обеспеченные фермеры часто высаживают кукурузу только на небольших участках земли. Однако валовая норма прибыли от продажи кукурузы из расчета на гектар в 2,4 раза выше, чем аналогичные показатели для пшеницы и риса [РИС. 3.11]. Кукуруза также в меньшей степени подвержена негативному воздействию вредителей и болезням³.

Диверсификация в применении к кукурузе также может служить хорошей стратегией для адаптации к изменению климата, поскольку кукуруза более толерантна к высоким температурам, что является растущей проблемой для пшеницы, и нуждается в меньшем количестве воды. В Бангладеш 850 литров воды позволяют получить килограмм кукурузного зерна по сравнению с 1000 литров на килограмм пшеницы и более 3000 литров на то же количество риса. Сокращая масштабы забора грунтовых вод для целей ирригации, производство кукурузы также помогает в снижении уровня загрязнения по-

чвы мышьяком, что является серьезной проблемой во многих районах Бангладеш³.

Фермеры и агрономы в Бангладеш заметили, что урожаи зерновых имеют тенденцию к снижению на полях, где кукуруза выращивалась в сухой сезон в течение пяти или более лет. Для обеспечения устойчивости систем «рис-кукуруза» фермерам необходимо тщательно планировать время посева и сбора урожая каждой культуры, улучшать практику управления почвенными и водными ресурсами и использовать высококачественные семена³.

Для выращивания риса и кукурузы требуются весьма различные почвенные условия, что создает особые трудности в планировании времени

НЕОБРАБОТАННЫЕ ГРЕБНИ ДАЮТ БОЛЕЕ ВЫСОКИЕ УРОЖАИ РИСА И КУКУРУЗЫ, ЧЕМ ВСТАХАННЫЕ ЗЕМЛИ



посадки кукурузы. Рис, пересаженный в сезон аман, обычно выращивается на интенсивно взмученных, влажных глинистых почвах, в то время как кукуруза лучше всего растет на хорошо вентилируемых суглинках³. Поэтому после сбора урожая риса традиционная подготовка полей для посадки кукурузы часто включает в себя от трех до пяти раундов обработки почвенной фрезой на прицепе к двухколесному трактору. Такая вспашка требует дополнительных затрат времени, горючего и труда, и фермеры должны ждать вплоть до трех недель, пока рисовые поля высохнут в достаточной степени, чтобы проводить эту культивацию⁴. Поздняя посадка кукурузы, в свою очередь, может приводить к снижению урожайности на 22%³.



■ Территории, определенные в качестве пригодных для производства кукурузы в Бангладеш

Практика ресурсосберегающего земледелия снижает необходимость во вспашке и таким образом сокращает задержки в посадке кукурузы. Посадка риса и кукурузы на не вспаханных гребнях с применением соломы в качестве мульчи позволяет получать более высокие урожаи зерна и использовать меньше ресурсов по сравнению с культурами, высеваемыми на вспаханных угодьях. Повышенная продуктивность обусловлена более высокими уровнями почвенного азота и в целом более благоприятным состоянием почвы. Научные исследования, проведенные в Индии, показали, что гребневой посев не только позволяет получать более высокие урожаи, чем сплошная вспашка, но также требует на 38% меньше воды для орошения⁴. В Бангладеш экономия воды имеет ключевое значение в течение сухого сезона с февраля по май, когда неглубокие скважинные колодцы нередко пересыхают³.

Бангладешский институт сельскохозяйственных исследований и СИММИТ всемерно содействуют внедрению рядовых сеялок, изначально разработанных для посева пшеницы, так чтобы их можно было использовать для посева кукурузы и риса при нулевой обработке почвы.

В северо-западных регионах Бангладеш фермеры, использующие рядовые сеялки, получали такие же урожаи риса, как и при пересаженном рисе, но с использованием меньших объемов воды и трудовых затрат и на две недели раньше³.

В Бангладеш было проведено исследование, сравнивающее урожаи и доходность при вспашке и при нулевой обработке. При гребневом выращивании кукурузы комбинированная продуктивность риса и кукурузы составила 13,8 тонны с гектара по сравнению с 12,5 тонны на вспаханных землях. Ежегодная стоимость производства риса и кукурузы на гребнях составила 1532 долл. США на гектар в сравнении с 1684 долл. США при традиционной обработке почвы⁴.

Получение высоких урожаев гибридной кукурузы требует значительных количеств азота. Запасы природного газа в Бангладеш, используемые для производства мочевинных удобрений, являются ограниченными и невозобновляемыми. Одним из перспективных решений проблемы истощения питательных веществ почвы является применение птичьего помета, снабжение которым становится все более изобильным: птицеводческий сектор Бангладеш в настоящее время производит около 1,6 млн тонн помета каждый год³.

Хорошие урожаи кукурузы были получены путем замещения обычно применяемых минеральных удобрений на одну четверть птичьим пометом. Почвенный азот также можно частично возобновлять за счет выращивания овощей, таких как золотистая фасоль, после сбора урожая кукурузы³. В зонах тропического муссонного климата летний урожай золотистой фасоли также обеспечивает фиксацию остаточного азота и предотвращает азотное загрязнение водоносных горизонтов⁵.

Выращивание скороспелых сортов риса позволит фермерам выса-

живать кукурузу раньше. Однако эти сорта риса дают более низкий урожай, и фермеры в целом с неохотой жертвуют производством своей основной продовольственной культуры. Поэтому Бангладешский институт исследований риса разрабатывает более урожайные скороспелые сорта риса для выращивания в сезон аман. Будущее устойчивого выращивания риса и кукурузы в Южной Азии также зависит от разработки высокоурожайных гибридов кукурузы, которые быстро созревают и хорошо переносят как заболачивание почвы, так и засуху³.

В Бангладеш выращивание кукурузы – это все еще новая область для многих фермеров, и потребуются определенное время, чтобы они полностью внедрили в свои земледельческие системы вышеописанные методы, которые оптимизируют производство и улучшают здоровье почвы. Важнейшее значение для быстрого и широкого распространения методов устойчивого производства кукурузы имеет обучение фермеров методам точного календарного планирования посадки, более эффективного орошения и использования минеральных удобрений^{6,7}.

Отечественное производство кукурузы позволило снизить зависимость Бангладеш от импорта. Переход к кукурузе также дал фермерам средства диверсификации их дохода и более разнообразного питания. Многие фермеры не продают весь урожай кукурузы. Они используют часть его в качестве кормов для разводимой птицы с последующей продажей яиц и мяса на местных рынках. Все в большей степени кукуруза используется также в качестве пищевого продукта, а не только кормов для птицы. По мере того как цена на пшеничную муку повышается, многие семьи подмешивают кукурузную муку в тесто своих чапати⁸.

ОБУЧЕНИЕ
ФЕРМЕРОВ ИМЕЕТ
ВАЖНЕЙШЕЕ
ЗНАЧЕНИЕ
ДЛЯ БЫСТРОГО
И ШИРОКОГО
РАСПРОСТРАНЕНИЯ
МЕТОДОВ
УСТОЙЧИВОГО
ПРОИЗВОДСТВА
КУКУРУЗЫ



Глава 4

Дальнейшие шаги

Для того чтобы мелкие фермеры взяли на вооружение подход «Сохранить и приумножить», необходимы согласованные действия на всех уровнях с участием правительств, международных организаций, частного сектора и гражданского общества.

Различные реализованные на практике приемы модели «Сохранить и приумножить», представленные в главе 3, показывают, как интегрированные ресурсосберегающие системы ведения сельского хозяйства в условиях адаптации к конкретным агроэкологическим и социально-экономическим контекстам генерируют значительные социальные, экономические и экологические выгоды. Мелкие фермеры увеличивают объемы и эффективность производства зерновых, укрепляют источники средств к существованию и повышают доходы, в то же время сохраняя природные ресурсы, расширяя экосистемные услуги, а также приспосабливаясь к изменению климата и ослабляя его эффекты. Сельскохозяйственные системы, работающие по модели «Сохранить и приумножить», нередко демонстрируют более высокую эффективность при неблагоприятных сельскохозяйственных условиях, таких как дефицит воды, истощение питательных веществ почвы и экстремальные климатические явления.

Устойчивая интенсификация сельскохозяйственного производства с применением модели «Сохранить и приумножить» теперь нуждается в неотложном распространении в целях противостояния «беспрецедентному стечению неблагоприятных воздействий», которое угрожает окружающей среде, социально-экономическому развитию и долгосрочному обеспечению продовольственной безопасности в мировом масштабе.

Сегодня почти 800 миллионов человек страдают от хронического недоедания¹ и два миллиарда – от дефицита микроэлементов в питании². Сельскохозяйственная деятельность приводит к истощению именно тех природных ресурсов, от которых зависят наши продовольственные системы. На глобальном уровне треть сельскохозяйственных угодий подвержена умеренной или резко выраженной деградации из-за потери и истощения органических и питательных веществ, вырубки лесов и эрозии почвы³. Доля сельского хозяйства в мировом потреблении пресной воды находится в условиях острой конкуренции: к 2025 году две трети мирового населения, возможно, будут проживать в условиях водного стресса⁴. По оценкам, утеряно 75% биоразнообразия сельскохозяйственных культур, и остающиеся подвергаются риску, в то время как все более ограниченная генетическая база основных сортов сельскохозяйственных растений является причиной их повышенной чувствительности к негативному влиянию изменения климата⁵.

«Стечение неблагоприятных воздействий» не везде ощущается одинаково. Оно в меньшей степени свойственно одним странам и сообществам и в большей степени другим, будучи особенно актуальным для сельских районов развивающихся стран, где проживает не менее 70% беднейшего населения планеты⁶. Бедность сама по себе, как показано, является одной из основных причин деградации природных ресурсов. Также глобальное распределение земель, пригодных для растениеводства, отличается неравномерностью – не в пользу стран, испытывающих самую большую потребность в росте производства³.

Стоящий перед нами вызов заключается в необходимости удовлетворения современных потребностей: продовольствия и другой сельскохозяйственной продукции сегодня нужно больше, чем когда-либо ранее в истории. Причем решить эту задачу следует так, чтобы сохранить природные ресурсы и не лишать будущие поколения средств для удовлетворения их собственных нужд. На карту поставлена не только глобальная продовольственная безопасность, но также и перспектива глобального мира и стабильности.

Переход к устойчивости, с тем чтобы обеспечить мировую продовольственную безопасность, открыть экономические и социальные возможности, замед-

лить темпы изменения климата и защитить природные ресурсы и экосистемные услуги, требует фундаментальных изменений в стратегическом руководстве в области продовольственного обеспечения и сельского хозяйства⁷. Необходимо установить баланс между потребностями антропогенных и природных систем, между множественными задачами сельского хозяйства, а также между сельским хозяйством и другими секторами.

Это, в свою очередь, требует реалистичной оценки всех затрат, необходимых для осуществления перехода, включая потребность в разработке благоприятствующих стратегий и институций. Также требуется уделять особое внимание интегрированным системам сельскохозяйственного производства, которые адаптированы к конкретным местным условиям. Достижение устойчивости зависит от благоприятствующей стратегической, правовой и институциональной обстановки, при которой достигается оптимальный баланс между инициативами частного и государственного сектора, а также обеспечивается подотчетность, социальная справедливость, транспарентность и верховенство закона⁸.

Некоторые уроки из опыта

Рассмотрим вначале некоторые из уроков, извлеченных из опыта систем ведения сельского хозяйства по модели «Сохранить и приумножить», которые представлены в главе ³. Целью является определение движущих сил, стратегических и институциональных мер, которые позволили внедрить и поддержать основанное на экосистемном подходе производство зерновых, а также тех ограничений, которые препятствовали прогрессу.

Национальные и международные организации играют важную роль в развитии устойчивых систем сельскохозяйственного производства. Так, например, ФАО всемерно содействовала внедрению ресурсосберегающего земледелия в Казахстане и поддержала обучение фермеров системе интенсификации рисоводства (СИР) во Вьетнаме. Ресурсосберегающее земледелие на Индо-Гангской равнине внедрялось при поддержке со стороны экорегиональной программы КГМСХИ и национальных научно-исследовательских институтов четырех стран. Аналогичные долгосрочные партнерства обеспечили финансирование, научные исследования и техническую консультативную поддержку для развития систем выращивания кукурузы на принципах агролесоводства в Центральной Америке и в странах юга Африки.

Фермеры и фермерские организации нередко возглавляют внедрение инноваций в производство, основанное на экосистемном подходе. В Гондурасе мелкие фермеры выступили в качестве инициаторов подсеčno-мульчирующего производства кукурузы – методики, которая затем была распространена на соседние страны. Фермеры внедрили приемы ресурсосберегающего земледелия, такие как нулевая обработка, в систему интенсификации рисоводства. В Индии они адаптировали к выращиванию пшеницы инструмент для управления оборотом азота, изначально разработанный для риса, в то время как фермеры в Кении приспособили систему «пуш-пул» – методику комплексной борьбы с вредителями – к выращиванию фасоли и обеспечению кормов для скота.

Государственная поддержка на всех уровнях имеет ключевое значение для распространения инициатив устойчивого растениеводства. Казахстан является одним из мировых лидеров во внедрении методов нулевой обработки почвы благодаря национальной политике, которая поддерживает ресурсосберегающее земледелие. Правительство Индонезии приступило, при поддержке со сторо-

ны ФАО, к реализации программы «Один миллион гектаров рисо-рыбных хозяйств», которая внесет важный вклад в улучшение питания населения и развитие сельских районов. В Бразилии правительства штатов финансировали распространение систем выращивания кукурузы при нулевой обработке почвы, а в Индии аналогичным образом были обеспечены поставки оборудования для нулевой обработки почвы при выращивании пшеницы.

Частный сектор также оказывает ключевое содействие развитию более устойчивого и производительного сельского хозяйства в некоторых странах. В Индии на местных фабриках производятся рядовые сеялки для нулевой обработки почвы, а частные подрядчики предоставляют услуги лазерного выравнивания земли. В Казахстане поставщики сельскохозяйственной техники предлагают оборудование для ресурсосберегающего земледелия, например рядовые сеялки на тракторной тяге. Государственно-частные партнерства улучшают снабжение семенами в Бразилии, Индии и Китае.

Вместе с тем имеются препятствия для внедрения устойчивой интенсификации растениеводства. В то время как методы ресурсосберегающего земледелия помогают повысить производство зерновых в Центральной Азии, в большинстве стран региона отсутствует государственная политика, направленная на распространение этого метода. Кроме того, как правило, нет необходимого оборудования, и у фермеров недостаточно стимулов для повышения продуктивности воды.

Несмотря на положительный эффект КБВ по принципу «пуш-пул» применительно к производству, доходам и устойчивости в Восточной Африке, внедрение этого метода замедляется вследствие ненадежной системы владения земельными ресурсами, что мешает фермерам инвестировать необходимые средства. Выращивание бобовых могло бы улучшить урожаи кукурузы и здоровье почвы в странах Африки к югу от Сахары, однако фермеры не имеют достаточного доступа к семенам и доходным рынкам для сбыта своей продукции.

Многие правительства продолжают субсидировать стоимость пестицидов и минеральных удобрений, вследствие чего экономические факторы работают против более устойчивых систем, таких как интегрированное производство риса и аквакультуры, при которых рыба используется для борьбы с сорняками и насекомыми-вредителями, а также системы комбинирования злаковых с бобовыми, использующие естественные источники азота. В целом частный сектор недостаточно инвестирует в развитие устойчивых технологий и нередко активно противостоит мерам по внедрению комплексной борьбы с вредителями.

Важное условие для внедрения методов модели «Сохранить и приумножить» – это их адаптация к конкретным агроэкологическим и социально-экономическим условиям, включая наличие рабочей силы. Так, в некоторых регионах трудозатраты стали фактором, ограничивающим широкое внедрение системы интенсификации рисоводства.

Другое серьезное препятствие – это время, необходимое для реализации преимуществ перехода к устойчивому производству и для восстановления экосистемных услуг. В Казахстане проблемы с сорняками на пшеничных полях сокращаются в течение 4–5 лет после внедрения нулевой обработки и задержания пожнивных остатков на полях. В Замбии фермерам понадобилось до 6 лет, прежде чем они увидели выгоды от выращивания кукурузы совместно с фидхербией беловойтой. Это наглядно свидетельствует о необходимости прочной институциональной приверженности, включая, наряду с другими мерами, стабильное долгосрочное финансирование в поддержку перехода к модели «Сохранить и приумножить»^{9, 10}.

Осуществление перехода к модели «Сохранить и приумножить» – десять рекомендаций

На основе уроков, извлеченных из опыта систем ведения сельского хозяйства по модели «Сохранить и приумножить», которые были описаны в главе 3, а также из опыта других экосистемных подходов, которые применяются в развивающихся странах, рекомендуются следующие 10 действий для рассмотрения на уровне стран, осуществляющих переход к устойчивой интенсификации производства кукурузы, риса и пшеницы.

1 Способствовать внедрению принципов модели «Сохранить и приумножить» в процессы структурной трансформации

Одна из ключевых задач директивных органов, определяющих политику перехода к устойчивому ведению сельского хозяйства и более широкую структурную перестройку экономики и общества, – это создание и укрепление учреждений и партнерств и гармонизация их деятельности. Необходима многоотраслевая рамочная политика, в которой сельское хозяйство и его рост рассматриваются в контексте управления природными ресурсами, стратегий урбанизации, характеристик государственных инвестиций, сокращения отходов пищевых продуктов, перехода к более устойчивому рациону питания и создания несельскохозяйственных рабочих мест в сельских районах.

При такой концепции устойчивости модель «Сохранить и приумножить» становится частью глобального перехода к «зеленой экономике», цель которой – повышение уровня благополучия людей и социальной справедливости при одновременном существенном снижении рисков для окружающей среды, дефицита экологических ресурсов, а также темпов изменения климата. Экологизация сельского хозяйства должна повысить урожаи и доходы фермеров, создавая при этом дополнительные положительные эффекты и синергии в социально-экономической и экологической сферах, такие как улучшение качества питания, снижение зависимости от импорта продовольствия и сокращение загрязнения окружающей среды¹¹. Такой подход потребует сотрудничества и интеграции между государственными министерствами в целях обеспечения совместимости секторальных стратегий и программ^{12, 13}.

Во многих развивающихся странах институциональные структуры, необходимые для перехода к модели «Сохранить и приумножить» – в сфере сельскохозяйственного образования, научных исследований, распространения передовых технологий, формирования политики, а также производства и сертификации семян, – либо недостаточно развиты, либо вообще отсутствуют. Такие структуры следует создавать, а имеющиеся – укреплять. В большинстве стран министерства и другие национальные учреждения нередко не координируют между собой свою деятельность, что негативно влияет на производительность и стабильность сельского хозяйства. Фактически эти структуры зачастую осуществляют взаимно противоречивые стратегии и действия.

Министерства, имеющие важнейшее значение для развития устойчивого растениеводства, которые отвечают за земледелие, животноводство, экологию, природные ресурсы, лесоводство, рыбоводство, пищевую промышленность, торговлю и трудовые ресурсы, должны согласовывать свою политику и действия для получения максимальных выгод и полезного эффекта. Директивные органы также должны создавать и укреплять потенциал для анализа и поис-

ка баланса как между различными сельскохозяйственными секторами, так и в пределах подсектора растениеводства.

Многие неправительственные организации также участвуют в производстве, переработке и реализации зерновых. Организации гражданского общества (ОГО) представляют широкие слои населения, включая фермеров, сельскохозяйственных рабочих, безземельных крестьян, женщин, молодежь и коренные народы. Эти организации охватывают наиболее уязвимые общественные группы и представляют их нужды и чаяния в стратегическом диалоге и при планировании программ и проектов. ОГО, включая социальные движения мелких фермеров, добились успеха в поддержании диалога с правительством и другими действующими силами на региональном и глобальном уровнях и вносят вклад в развитие новых моделей общественного управления. Они должны быть частью национального диалога с вовлечением многочисленных заинтересованных сторон и полноценно участвовать в планировании и реализации государственной политики.

Еще один важный партнер – это частный сектор, включая фермерские организации, мелкие и средние предприятия, международные корпорации и частные фонды. Поскольку сельское хозяйство – это один из основных видов частного предпринимательства, частный сектор также может поддерживать инициативы мелких фермеров и помочь в обеспечении продовольственной безопасности путем ответственного и продуктивного инвестирования и создания рабочих мест.

Для эффективного внедрения модели «Сохранить и приумножить» следует укреплять партнерства между ОГО и частным сектором, а также между ними и государственными учреждениями, и координировать их деятельность. Для того чтобы получить максимальный полезный эффект, национальные планы развития необходимо выработать в консультации с ключевыми заинтересованными сторонами и с использованием процессов коллективного участия, что обеспечит поддержку, приверженность и будет способствовать согласованным действиям.

2 Проводить политику, помогающую фермерам внедрять модель «Сохранить и приумножить»

Директивные органы играют ключевую роль в создании благоприятствующей среды для устойчивой интенсификации растениеводства. Они должны оказывать поддержку проведению актуальных научных исследований и распространению передовых технологий, содействовать доступу к кредитам и рынкам сельскохозяйственных ресурсов и продукции, а также наращиванию потенциала для заинтересованных сторон по всей цепочке производства и реализации кукурузы, риса и пшеницы. Они должны создавать стимулы для фермеров в целях диверсификации их производственных систем путем укрепления рынков для чередующихся культур, а также для продукции животноводства и лесоводства⁵. Своевременный доступ к удобрениям, как это постоянно подтверждается, оказывает существенное позитивное воздействие на урожаи сельскохозяйственных культур, в то время как наличие и доступность высококачественных семян адаптированных сортов способствуют диверсификации^{14, 15}.

Надлежащая политика и инвестиции способны снижать риск, с которым могут столкнуться фермеры при переходе к модели «Сохранить и приумножить». Речь идет, в частности, о следующих мерах: налоговые каникулы для финансовых учреждений, предоставляющих услуги в сельских районах в поддержку устойчивого сельского хозяйства; стратегии сельскохозяйственного страхования; социальная защита для ослабления риска и укрепления устойчивости к

неблагоприятным внешним воздействиям; плата за предоставление экологических услуг; государственное финансирование сельскохозяйственных научных исследований, разработок и распространения передового опыта¹⁷.

Внедрение модели «Сохранить и приумножить» оказывает позитивное влияние на окружающую среду, и это должно быть признано и отмечено. Плата за предоставление экологических услуг в сельском хозяйстве – это все еще сравнительно новое начинание, однако в последние годы в этой области проведена значительная работа. Так, например, в Китае обеспечивается связь ресурсосберегающих систем сельского хозяйства с финансированием деятельности по ослаблению процессов изменения климата. При поддержке со стороны ФАО Вьетнам развивает стратегии финансирования, которые обеспечат оплату экологических услуг¹³.

Посредством программ централизованных закупок государство может повысить уровень продовольственной безопасности и обеспечения полноценным питанием для уязвимых групп и привлечь мелких фермеров в качестве поставщиков. Благодаря участию в программах подготовки управленческих кадров, оптовым закупкам сельскохозяйственных ресурсов и коллективному маркетингу некоторые организации мелких фермеров в Кении получили возможность конкурировать с более крупными предприятиями в тендерах на поставку кукурузы для Всемирной продовольственной программы¹⁸. Хорошо спланированные программы социальной защиты могут стимулировать производство продовольствия в мелких фермерских хозяйствах, создавая ситуацию обоюдной выгоды для потребителей и производителей^{19,20}. Так, например, Бразилия в 2013 году закупила около 270 000 тонн продовольствия от 95 000 семейных фермеров для бесплатного распределения среди нуждающихся и для национальной сети социальной помощи²¹.

В проводимой политике, вероятно, должно также уделяться внимание вопросам, связанным с дефицитом рабочей силы в сельских районах. Для того чтобы помочь людям выбраться из бедности посредством вовлечения их в сельскохозяйственную деятельность, требуется повышать не только урожайность, но и доход от вложенного труда. Фермеры вряд ли станут внедрять приемы модели «Сохранить и приумножить», если не будут при этом получать необходимую прибыль, способную конкурировать с прибылью в других секторах. Успешный переход к модели «Сохранить и приумножить» зависит от технологий и политики, которые укрепляют экологическую, экономическую и социальную основы устойчивости, сокращают риск и трудозатраты¹³.

Странам, вероятно, следует также пересмотреть существующие программы поддержки сельского хозяйства в целях устранения «порочных субсидий», которые фактически стимулируют вредную практику – такую как чрезмерное использование удобрений, пестицидов и воды, а также обезлесение, что ведет к дальнейшей потере биоразнообразия, – и вместо этого предусмотреть стимулы для внедрения устойчивых практик.

3 Увеличивать инвестиции в сельское хозяйство

Продовольственная и сельскохозяйственная организация призывает к проведению новой стратегии инвестиций в сельское хозяйство, цель которой – направить государственные ресурсы на всех уровнях на предоставление общественных благ и стимулировать инвестиции фермеров в устойчивую интенсификацию. Фермеры уже и ныне являются самыми крупными инвесторами в развитие сельского хозяйства. Однако в отсутствие надлежащего управления, адекватных стимулов и ключевых общественных благ они инвестируют недо-

статочно и далеко не всегда вкладывают средства в системы устойчивого производства^{17,22}.

Инвестиции, осуществляемые правительствами и партнерами по развитию при надлежащей направленности на устойчивое повышение сельскохозяйственного производства и доходов фермеров, – это важное средство содействия экономическому росту и сокращению масштабов нищеты, обеспечения продовольственной безопасности и полноценного питания, а также экологической устойчивости. Инвестиции в сельскую инфраструктуру, услуги кредитования, образование, распространение передовых технологий и обучение, а также в научные исследования и опытно-конструкторские разработки по проблемам мелкого фермерского хозяйства могут стимулировать рост продовольственно-го обеспечения и повышение эффективности сельскохозяйственных рынков¹⁷.

Особенно нужны инвестиции в строительство дорог, обеспечение холодильной цепи, переработки, упаковки, хранения и реализации продукции в целях сокращения потерь продовольствия и отходов пищевых продуктов, которые в настоящее время достигают одной трети от объемов производства в мире. В долгосрочном плане такие инвестиции могут дать гораздо более высокую отдачу в плане производительности труда и экономического роста по сравнению с другими расходами, такими как субсидии на производственные ресурсы¹⁷.

Обеспечение перехода к модели «Сохранить и приумножить» может требовать от стран значительных инвестиций в создание благоприятной среды, а от фермеров – вложения средств и усилий во внедрение практических подходов, получение позитивной отдачи от которых может занять ряд лет. С ростом темпов изменения климата необходимость адекватного противостояния повышенному риску, которому подвергаются фермеры, требует развития инвестиционных стратегий, отдающих более высокий приоритет управлению рисками^{9,10,14}.

4 Установить и защищать права фермеров на природные ресурсы

Переход к модели «Сохранить и приумножить» также требует действий по защите и укреплению доступа мелких фермеров к природным ресурсам, особенно к земле, воде и агробиоразнообразию. На значительной части планеты сохраняются слабо отрегулированные и несправедливые условия владения землей, что может приводить к экспроприации, вынужденным перемещениям и выселениям²³. Четкие права владения и пользования необходимы для обеспечения справедливого доступа к производственным ресурсам, а также для стабильного управления ими. Фермеры будут внедрять принципы модели «Сохранить и приумножить», только если будут уверены в получении достаточно долгосрочных выгод от повышения стоимости природного капитала⁷.

Зачастую, однако, права фермеров плохо определены, перекрывают друг друга или не формализованы. Развитие прав фермеров – особенно женщин, чья роль в принятии решений, касающихся сельскохозяйственного производства, возрастает, – на землю и воду является ключевым стимулом для внедрения принципов устойчивого растениеводства. Программы регулирования землевладения во многих развивающихся странах сосредоточены на формализации и приватизации прав на землю, при этом практически не учитываются традиционные и коллективные системы землевладения. Правительства должны уделять больше внимания таким системам: при наличии достаточного запаса прочности они также могут представлять эффективные стимулы для инвестиций, о чем свидетельствует растущий объем фактических данных.

Правительства и их партнеры в области развития должны в своих директивных положениях и разрабатываемых стратегиях поддержки устойчивого растениеводства следовать там, где это необходимо, принятым на уровне Комитета

по всемирной продовольственной безопасности «Добровольным руководящим принципам ответственного регулирования вопросов владения и пользования земельными, рыбными и лесными ресурсами в контексте национальной продовольственной безопасности»²⁴. Эти руководящие принципы служат авторитетным руководством для разработки законодательства и формирования политики применительно к правам владения и пользования ресурсами. Они дают инвесторам и застройщикам четкие указания о надлежащей практике и предоставляют организациям гражданского общества эталоны, которые они могут использовать в своей работе, представляя интересы сельских сообществ.

Другие полезные руководства включают «Принципы ответственного инвестирования в агропродовольственные системы»²², разработанные силами Комитета по всемирной продовольственной безопасности, а также «Принципы ответственного сельскохозяйственного инвестирования, основанные на уважении прав, источников существования и ресурсов»²⁵, разработанные в 2009 году силами ФАО, Международного фонда сельскохозяйственного развития (МФСР), Конференции Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД) и Всемирного банка.

Для внедрения модели «Сохранить и приумножить» важнейшее значение имеет также доступ к устойчивому использованию биоразнообразия. Фермерам необходим доступ не только к различным биологическим видам для диверсификации своих сельскохозяйственных систем, но также к улучшенным генетическим ресурсам в пределах видов для производства большего объема продукции с меньшей тратой ресурсов и для противостояния вызовам, связанным с изменением климата. Странам следует укреплять свои программы ресурсосберегающего и устойчивого использования биоразнообразия, присоединяться к международным инструментам, таким как Конвенция по биоразнообразию, Международный договор о генетических ресурсах растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (МД ГРРПСХ) и Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, а также тесно сотрудничать с центрами КГМСХИ.

5 Развивать более эффективные производственно-бытовые цепи и рынки

Эффективные производственно-бытовые цепи имеют исключительно важное значение для снижения уровня бедности, обеспечения продовольственной безопасности, устойчивости продовольственных и сельскохозяйственных систем. Для достижения экономической, социальной и экологической стабильности производственно-бытовые цепи должны создавать добавочную стоимость и более высокие доходы, обеспечивать более справедливое распределение выгод и сокращение негативных экологических воздействий на всем протяжении цепи²⁶.

Устойчивые производственно-бытовые продовольственные цепи строятся на сотрудничестве между всеми заинтересованными сторонами, включая мелких фермеров, агробизнес, правительства и гражданское общество. На первых этапах развитие производственно-бытовых продовольственных цепей должно быть направлено в основном на повышение эффективности (включая сокращение послеуборочных потерь), что приведет к снижению цен и большей доступности продовольствия – у домашних хозяйств появится возможность покупать больше продуктов питания. Далее рост потребительского спроса станет основной движущей силой внедрения инноваций и создания ценностей, непрерывного улучшения продовольственного снабжения и увеличения выгод для потребителей²⁶.

Правительства могут оказывать поддержку «инклюзивным бизнес-моделям» с помощью правовых механизмов, способствующих, к примеру, формированию надлежащих практик использования механизма подряда в сельскохозяйственном производстве. В Объединенной Республике Танзания, где стремительно растет спрос на рис, мелкие фермеры и крупные частные рисоводческие хозяйства сотрудничают в рамках систем сельхозподряда²⁷. Однако снижение зависимости стран Африки к югу от Сахары от импортируемого риса требует повышения как качественных, так и количественных показателей. По данным недавнего исследования, городские потребители в Африке «готовы платить» за повышение качества произведенного в стране риса посредством улучшения сортов и методов обработки²⁸.

Правовая и институциональная среда, стимулирующая и поддерживающая сотрудничество среди мелких фермеров, позволит им извлечь выгоду за счет увеличения масштабов такой деятельности, как закупка ресурсов, а также переработка, транспортировка и продажа продукции⁷. Сбыту продукции мелких хозяйств также могут содействовать системы сертификации, которые стимулируют производителей, внедряющих устойчивые производственные системы.

6 Нарращивать поддержку научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сельского хозяйства

Средоточие сельскохозяйственных исследований и разработок переместилось из государственного сектора в национальные и международные частные компании. С ростом частных инвестиций государственные ассигнования на проведение НИОКР сократились почти в половине всех стран с низким уровнем дохода²⁹. Частные компании обычно проявляют максимальный интерес к сырьевым товарам и доле прибыли в краткосрочном плане³⁰ и во многих случаях стремятся продвигать технологии (такие как химические методы борьбы с вредителями), использующие внешние ресурсы, и не заботятся об устойчивости³¹.

Необходимы более долгосрочные государственные инициативы в областях, касающихся управления природными ресурсами, включая исследования проблем почвы, воды, генетических ресурсов и обеспечения устойчивости³⁰. Многим правительствам будет необходимо поддерживать или наращивать свой потенциал для проведения научных исследований. Для этого могут потребоваться не только инвестиции в исследовательские учреждения и оборудование, но и создание соответствующего научного потенциала для удовлетворения стратегических и технологических потребностей сельского хозяйства в целом и мелких фермеров в частности.

В большинстве развивающихся стран научно-исследовательский потенциал особенно низок в таких областях, как биотехнология, моделирование и прогнозирование. Использование спутникового дистанционного зондирования и современных телекоммуникаций имеет существенное значение для быстрого и эффективного реагирования на стремительно меняющиеся потребности сельского хозяйства и растущее воздействие изменения климата.

Для создания технологических решений, привлекательных для фермеров, научно обоснованные инновации должны быть построены на традиционных знаниях сельских работников. Исследования должны удовлетворять потребности зон рискованного земледелия и приносить пользу мелким фермерам, увеличивая сельскохозяйственную продуктивность, стимулируя сбережение природных ресурсов, а также содействуя диверсификации зерновых земледельческих систем для получения более ценной продукции.

Необходимо теснее связывать исследования с работой служб по распространению сельскохозяйственных знаний и другими источниками полезных све-

дений. Усиление потенциала развертывания и внедрения будет поддерживать дальнейшее развитие систем земледелия, работающих по модели «Сохранить и приумножить», и их использование мелкими фермерами. Международные организации, осуществляющие сельскохозяйственные исследования, как и финансирующие учреждения, играют важную роль в поддержке этих национальных усилий.

7 Продвигать технологические инновации

Мелкие производители зерна находятся на переднем крае в деле обеспечении продовольственной безопасности и полноценного питания людей – от уровня домашних хозяйств до глобальных масштабов. Им необходим доступ к полному комплексу технологий, требующихся для устойчивой интенсификации растениеводства. Обратимся к примерам.

Механизация. Ресурсосберегающее земледелие (РЗ) требует использования подходящих для всех технологических уровней инструментов и техники. В Бразилии процветающая отечественная промышленность производит сельхозтехнику для РЗ, пригодную для различных типов почвы, климатических условий и производственных систем³². Некоторые из этих технологий переданы в Азию и Африку, где местные производители выпускают рядовые сеялки (ручные и на конной тяге) для нулевой обработки почвы, а также тракторное оборудование для прямого посева^{33,34}. Необходимо, чтобы правительства внедряли стратегии расширения масштабов ресурсосберегающего земледелия и других устойчивых методов, четко определяя роль частного сектора в производстве, реализации, техническом обслуживании и ремонте оборудования, а также роль государственного сектора в проведении научных исследований, наращивании потенциала и поддержке развития бизнеса^{35,36}.

Новые культуры и сорта. Ускоренное выведение улучшенных сортов сельскохозяйственных культур имеет крайне важное значение для решения будущих проблем, особенно касающихся мелких фермеров. Разнообразие культур служит основой диверсификации сельскохозяйственных систем и способствует повышению устойчивости к изменению климата и другим стрессам. Новые подходы к селекции растений, такие как использование молекулярных маркеров, могут улучшить урожайность зерновых, повысить содержание питательных веществ и сопротивляемость к болезням и вредителям, а также сократить сроки, необходимые для разработки и выпуска новых сортов³⁷. В мелких фермерских хозяйствах все большее значение приобретают высокоурожайные гибриды кукурузы, а гибридные сорта риса и пшеницы обладают потенциалом для более широкого распространения. Селекция культур должна способствовать улучшению генетических качеств компонентов, необходимых для систем совмещения культур, и повышению питательных качеств растительных остатков зерновых культур, которые идут на корм скоту. Исключительно важно поддерживать сохранение генетического разнообразия в хозяйствах и улучшение фермерских сортов.

Повышение эффективности использования воды. Основные производители кукурузы, риса и пшеницы в условиях орошаемого земледелия не имеют (или в скором времени лишатся) доступа к достаточному количеству воды, требующейся для поддержания производства необходимого объема продовольствия на душу населения. В условиях изменяющегося климата огромное значение будут иметь использование более водоэффективных сортов, внедрение водосберегающих практик (таких как нулевая обработка почвы и применение покровных культур) и увеличение инвестиций в водоэффективные техноло-

гии (выравнивание земли, капельное орошение, сбор дождевой воды). В Египте, Индии и Мексике использование технологии выращивания риса и пшеницы на орошаемых гребнях значительно повысило эффективность использования воды и позволило резко увеличить урожаи. Системы гребневого посева также увеличивают продуктивность воды и способствуют значительной прибавке урожая при неорошаемом выращивании кукурузы. Улучшенные технологии орошения работают наиболее эффективно при надлежащем определении стоимости и цен на воду³⁸. Необходимо защищать права мелких фермеров на воду, как и на землю.

Инновационные удобрения. За последние пятьдесят лет практически не осуществлялись инвестиции в научные исследования и разработки по удобрениям. Модернизация «упаковки» и «доставки» питательных веществ, осуществляемая с позиций не химии, а физиологии растений и почвенных процессов, может обеспечить быстрое усвоение нутриентов растениями. Инновационные удобрения, нацеленные не столько на обогащение почвы, сколько на питание растений, дадут многочисленные выгоды, включая более высокое содержание питательных веществ в зерновых культурах, восстановление плодородия почвы, повышение жизнестойкости и стабильности системы. Совершенствование азотных удобрений обеспечит здоровье экосистемы благодаря сокращению выбросов закиси азота в окружающую среду³⁹.

Комплексная борьба с вредителями. В силу того, что насекомые-вредители, сорняки и болезни развиваются и легко переносятся в другие регионы, решение вновь возникающих проблем в области производства зерновых требует непрерывного развития технологий КБВ. В число недавних инноваций входят: селекция, направленная на восстановление природного потенциала устойчивости корневой системы кукурузы к воздействию вредителей; биопестицид, полученный из семян азадирахты индийской, который уничтожает опасного вредителя риса – бурую рисовую цикадку (*Nilaparvata lugens*); грибки и нематоды, являющиеся высокоэффективным средством борьбы с хлебными стеблевыми пилильщиками^{31, 40}. Внедрение инноваций в КБВ требует надежной стратегической поддержки и активного вовлечения фермеров посредством полевых школ.

Улучшенная организация послеуборочных работ. В мелких производственных системах велики послеуборочные потери зерна от вредителей и грызунов. В условиях влажного климата для контроля риска грибковых болезней особенно важно обеспечивать надлежащую сушку зерна⁴¹. Анализ традиционных послеуборочных систем позволяет выявить недостатки и предложить соответствующие решения для их устранения. В Афганистане переход от глиняных к металлическим зернохранилищам позволил примерно 76 000 фермерам сократить потери урожая с 20% до менее 2%⁴². В Африке ФАО содействовала организации хранения зерна, включая простые способы измерения содержания влаги и нехимический контроль за болезнями и вредителями, с учетом потребностей мелких фермерских хозяйств, страдающих от засух и наводнений⁴³.

Технологии нового поколения. Разработанное в МНИИР приложение для смартфона – «менеджер урожая риса» – определяет, исходя из местных условий, рекомендации по аспектам выращивания и внесения подкормки и отправляет необходимую информацию фермеру в формате СМС. Такие рекомендации позволили увеличить урожайность в среднем на 0,4 тонны, а доход – на 100 долл. США с гектара⁴⁴. Широкое распространение мобильных телефонов в странах Африки к югу от Сахары дает хорошие возможности для поддержания связи между исследователями и фермерами, а также между фермерами и рынками. Фермеры получили доступ и к другим инновациям, которые относительно не-

дороги, особенно при использовании через кооперативы или в качестве субподрядных услуг. Они включают лазерное выравнивание земли, карты со шкалой цвета листьев, позволяющие определять сроки применения минеральных удобрений, и электронные датчики, выявляющие дефицит азота в растениях и уровень питательных веществ в растительных остатках зерновых культур. Однако, прежде чем рекомендовать предлагаемые инновации для широкого внедрения, их необходимо оценивать на предмет вероятных социальных, экономических и экологических последствий.

8 Улучшать коммуникацию с фермерами и содействовать развитию их технических знаний и навыков

Об агроэкологических и ресурсосберегающих технологиях в интенсивном растениеводстве известно гораздо меньше, чем об использовании внешних ресурсов⁴⁵. Одним из основных факторов, препятствующих успешной интеграции модели «Сохранить и приумножить», является недостаток информации об экосистемных подходах и необходимости адаптировать их к конкретным агроэкологическим и социально-экономическим условиям.

Внедрение устойчивой интенсификации растениеводства в целом требует большего объема знаний и управленческих усилий. Поэтому важно поддерживать развитие технических навыков фермеров в понимании экосистемных функций и в рациональном использовании традиционных знаний в процессе определения и внедрения оптимальных практик и технологий.

При распространении сельскохозяйственных знаний, профессиональной подготовке и обучении необходимо делать гораздо больший акцент на интегрированных производственных системах. Такой подход должен соблюдаться на всех уровнях обучения; следует обеспечить, чтобы все заинтересованные стороны были лучше информированы и обладали более глубокими знаниями о принципах устойчивого растениеводства и их практическом применении в рамках модели «Сохранить и приумножить».

Консультативные службы в поддержку внедрения модели «Сохранить и приумножить» должны действовать в тесном сотрудничестве с фермерскими организациями и сетями, а также в рамках государственно-частных партнерств. Методы коллективного участия могут помочь производителям и консультантам обмениваться опытом, знаниями и умениями в управлении сельскохозяйственными системами. Так, одной из площадок для экспериментов, непосредственного общения и обмена опытом являются фермерские полевые школы. Поскольку во многих странах главной опорой сельского хозяйства являются женщины, следует уделять им особое внимание в программах профессиональной подготовки и распространения сельскохозяйственных знаний, а также оказывать поддержку в удовлетворении более широких потребностей в вопросах гендерного равенства, устойчивых источников средств к существованию и доступа к ресурсам.

Поддержку в укреплении потенциала, обучении и профессиональной подготовке следует рассматривать как часть более широких усилий по развитию социального капитала, то есть набора ценностей, представленного социальными связями, правилами, нормами и санкциями, что дает сельскохозяйственным общинам уверенность, необходимую для инвестирования в коллективную деятельность, и сокращает вероятность участия в безответственных видах деятельности с негативными последствиями, такими как деградация природных ресурсов⁴⁶. Например, поскольку КБВ является наукоемкой сферой, фермерские полевые школы и другие формы коллективного обмена знаниями способствуют накоплению не только человеческого и природного, но и социального капитала³¹.

9 Укреплять семеноводческие системы

Сельскохозяйственным системам, основанным на модели «Сохранить и приумножить», необходимы сорта с повышенной урожайностью, более устойчивые к неблагоприятным внешним воздействиям, лучше адаптированные к применению производственных приемов на основе экосистем, а также более эффективно использующие ресурсы. Обеспечение доступа мелких фермеров к качественным семенам улучшенных сортов требует принятия мер по укреплению национальных семеноводческих систем.

Во многих развивающихся странах семеноводческие системы либо отсутствуют, либо неэффективны вследствие слабой нормативной базы, дефицита финансирования и ограниченного технического и управленческого потенциала. Поставка семян в ряде случаев рассматривается как прерогатива частного сектора, который при этом нередко производит и продает только семена культур и сортов, которые дают максимальную выгоду, и игнорирует многие из тех, что крайне необходимы для обеспечения продовольственной безопасности, а также продуктивности и устойчивости мелких фермерских хозяйств.

Национальные семеноводческие системы необходимо укреплять путем наращивания потенциала, ускоренного выведения новых сортов и производства семян, а также стимулирования сохранения семян в хозяйствах и поддержки общинных семенных фондов. Необходимы также меры, направленные на укрепление государственного потенциала, стимулирование частных инвестиций и вовлечение организаций гражданского общества и самих фермеров в разработку и осуществление национальных стратегий в области семеноводства^{5, 47}.

Применительно к пшенице механизмы повышения уровня производства семян могут включать предварительный выпуск и, где это возможно, внесезонное размножение семян ранних поколений. Без такого повышения эффективности доминирующее положение уязвимых «мегасортов» будет усугубляться⁴⁸. Аналогичные подходы эффективны и применительно к рису.

Семена гибридов кукурузы обычно производит и реализует частный сектор, а семена перекрестноопыляемых сортов – НПО и общинные организации. В Бразилии, Китае и под эгидой СИММИТ были апробированы некоторые инновационные государственно-частные партнерства. Они включают предоставление улучшенных генетических линий кукурузы частным предприятиям для производства и реализации гибридных семян в обмен на финансирование или иные виды поддержки научных исследований. Однако в производстве и сбыте семян перекрестноопыляемых сортов кукурузы, которые по большей части выращивают мелкие фермеры, эффективное сотрудничество отсутствует.

Коллективные подходы с учетом потенциала неформального семеноводческого сектора и важной роли, которую в нем играют женщины, могут содействовать укреплению семеноводческих систем для всех трех культур. В странах Африки к югу от Сахары общинные структуры по обеспечению зерном – многие из них управляются женщинами – заняты воспроизводством высококачественных семян различных сортов кукурузы; в Западной Африке они ежегодно производят до 20 тонн семян. Дальнейшее распространение данного подхода станет важным шагом на пути к семеноводческой самодостаточности в сельских районах с недостаточно развитыми службами.

10 Работать с международными организациями, инструментами и механизмами

Странам следует использовать глобальные, региональные и субрегиональные организации, инструменты и механизмы для эффективного внедрения модели «Сохранить и приумножить». Продовольственная и сельскохозяйственная организация располагает уникальными знаниями и навыками, а также обширным опытом оказания поддержки странам в разработке политики, стратегий и технологий для устойчивой интенсификации производства зерновых. Под ее эгидой действует ряд международных инструментов, таких как МД ГРРПСХ, Международная конвенция по карантину и защите растений, Роттердамская конвенция и Комитет по всемирной продовольственной безопасности, которые предоставляют странам возможности для обмена опытом и налаживания сотрудничества.

К другим глобальным организациям, влияющим на производство кукурузы, риса и пшеницы, относятся ряд центров КГМСИ, а также МАГАТЭ, ОЭСР, ЮНКТАД, Департамент по экономическим и социальным вопросам Организации Объединенных Наций, Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде и Всемирный банк. Многие региональные и субрегиональные организации* также оказывают ценную поддержку устойчивому сельскохозяйственному развитию за счет предоставления технологий, наращивания потенциала, расширения обмена информацией и содействия торговле. Ряд развивающихся стран обладают значительным опытом в реализации моделей устойчивого продовольственного обеспечения и сельского хозяйства, открывая возможности для укрепления сотрудничества «Юг–Юг».

Не существует универсального рецепта для внедрения модели «Сохранить и приумножить» и ее экосистемного подхода к интенсификации растениеводства. Не существует волшебных семян или технологий, которые улучшат социальную, экономическую и экологическую эффективность производства зерновых на всех ландшафтах, во всех регионах. Модель «Сохранить и приумножить» – это коренной сдвиг парадигмы от гомогенной модели растениеводства к наукоемким сельскохозяйственным системам, нередко специально подобранным для конкретных местных условий. Вот почему реализация этой модели требует времени, предоставления более действенной поддержки фермерам и прочной приверженности усилению национальных программ^{9, 10}.

Широкое внедрение принципов модели «Сохранить и приумножить» требует согласованных действий на всех уровнях при активном участии правительств, международных организаций, гражданского общества и частного сектора. Это задача огромных масштабов, но такой же будет и награда. Модель «Сохранить и приумножить» поможет в осуществлении глобального перехода к устойчивому продовольственному обеспечению и сельскому хозяйству и в построении свободного от голода мира, в котором все мы хотим жить.

* Например: Межамериканский институт по сотрудничеству в области сельского хозяйства (ИИКА) и Региональный фонд для развития сельскохозяйственных технологий (ФОНТАГРО) в Латинской Америке; Азиатско-Тихоокеанская ассоциация сельскохозяйственных научно-исследовательских учреждений (АПААРИ); Новое партнерство в интересах развития Африки (НЕПАД), Ассоциация по укреплению сельскохозяйственных исследований в Восточной и Центральной Африке (АСАРЕКА), Южноафриканский центр по сотрудничеству в области сельскохозяйственных исследований (САККАР) и Совет по сельскохозяйственным исследованиям и разработкам в Западной и Центральной Африке (КОРАФ).

Библиография

Глава 1. Человек и зерно: время возродить древнюю связь

1. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Production (<http://faostat.fao.org>).

2. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Food balances (<http://faostat.fao.org>).

3. United States Department of Agriculture. 2015. *World agricultural supply and demand estimates, January 2015*. Washington, DC.

4. Murphy, D. 2007. *People, plants and genes: the story of crops and humanity*. Oxford, UK, Oxford University Press.

5. Molina, J., Sikora, M., Garud, N., Flowers, J., Rubinstein, S., Reynolds, A., Huang, P., Jackson, S., Schaal, B., Bustamante, C., Boyko, A. & Purugganan, M. 2011. Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 108: 8351–8356.

6. Wang, M., Yu, Y., Haberer, G., Marri, P.R., Fan, C., Goicoechea, J.L., Zuccolo, A., Song, X., Kudrna, D., Ammiraju, J.S.S., Cossu, R.M., Maldonado, C., Chen, J., Lee, S., Sisneros, N., de Baynast, K., Golsner, W., Wissotski, M., Kim, W., Sanchez, P., Ndjiondjop, M.-N., Sanni, K., Long, M., Carney, J., Panaud, O., Wicker, T., Machado, C.A., Chen, M., Mayer, K.F.X., Rounsley, S. & Wing, R.A. 2014. The genome sequence of African rice (*Oryza glaberrima*) and evidence for independent domestication. *Nature Genetics* 46, 982–988.

7. Landon, A.J. 2008. The 'How' of the Three Sisters: The Origins of Agriculture in Mesoamerica and the Human Niche. *Nebraska Anthropologist* 23. Paper 40. Lincoln (USA), University of Nebraska-Lincoln.

8. Leakey, R. & Lewin, R. 1977. *Origins: the emergence and evolution of our species and its possible future*. London, Macdonald James Publishers.

9. Wolman, M.G. 1993. Population, land use and environment: A long history. In C. Jolly & B. Boyle Torrey, eds. *Population and land use in developing countries: Report of a workshop*. Washington, DC, The National Academies Press.

10. Burns, T.S. 1994. *Barbarians within the gates of Rome*. Indianapolis (USA), Indiana University Press.

11. Brewbaker, J. 1979. Diseases of maize in the wet lowland tropics and the collapse of the Classic Maya civilization. *Economic Botany*, 33 (2): 101–118.

12. Jordan, W. 1996. *The great famine: Northern Europe in the early fourteenth century*. Princeton (USA), Princeton University Press.

13. Pretty J. N. 1991. Farmers' extension practice and technology adaptation: Agricultural

revolution in 17–19th century Britain. *Agriculture and Human Values* VIII, 132–148.

14. Apostolides, A., Broadberry, S., Campbell, B., Overton, N. & van Leeuwen, B. 2008. *English agricultural output and labour productivity, 1250–1850: some preliminary estimates*. Coventry (UK), University of Warwick.

15. ФАО. 2011. *Сохранить и Приумножить. Руководство для политиков по устойчивой интенсификации растениеводства в мелких хозяйствах*. Рим.

16. FAO. 2005. *The State of Food and Agriculture 2005: Agricultural trade and poverty – can trade work for the poor?* Rome.

17. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. *World Population Prospects: The 2015 Revision* (available at <http://esa.un.org/unpd/wup/DataQuery/>).

18. FAO. 2010. *The Green Revolution in Asia: Lessons for Africa*, by H. Jhamtani. Rome.

19. ФАО. 2009. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2009: Экономический кризис – последствия и извлеченные уроки*. Рим.

20. Hazell, P.B.R. 2010. Asia's Green Revolution: past achievements and future challenges. In S. Pandey, D. Byerlee, D. Dawe, A. Dobermann, S. Mohanty, S. Rozelle & B. Hardy, eds. *Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security*, pp 61–92. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute.

21. Rosegrant, M., Tokgoz, S., Bhandary, P. & Msangi, S. 2013. Scenarios for the future of food. In 2012 *Global food policy report*. Washington, DC, IFPRI.

22. Shiferaw B., Smale, M., Braun H.-J., Duveiller, E., Reynolds M. & Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5: 291–317.

23. Seck, P.A., Diagne, A., Mohanty, S. & Wopereis, M.C.S. 2012. Crops that feed the world 7: Rice. *Food Security*, 4: 7–24.

24. ФАО, МФСР и ВПП. 2015. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2015. На пути к достижению намеченных на 2015 год международных целей области борьбы с голодом: обзор неравномерных результатов*. Рим.

25. FAO. 2015. World food situation: Food price index (retrieved: 7 September 2015) (available at http://www.fao.org/fileadmin/templates/worldfood/Reports_and_docs/Food_price_indices_data.xls).

26. ФАО. 2014. *Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства –*

2014. *Инновации в семейных фермерских хозяйствах*. Рим.

27. Frison, E.A., Cherfas, J. & Hodgkin, T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability*, 3: 238–253.

28. Tscharnkte, T, Yann Clough, T.C., Wanger, L.J., Motzke, I., Perfecto, I., Vendermeer, J. & Whitbread, A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151: 53–59.

29. ФАО. 2010. *Второй доклад о состоянии мировых генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства*. Рим.

30. Solh, M., Braun, H.-J. & Tadesse, W. 2014. *Save and Grow: Wheat*. Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rabat, ICARDA. (mimeo).

31. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Invited Review. *Annals of Botany*, 114 (8): 1571–1596.

32. Pingali, P., Hossain, M. & Gerpacio, R. 1997 *Asian Rice Bowls – The returning crisis?* In association with IIRI. Wallingford, UK, CAB International.

33. Heap, I. 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*. Special issue: Global herbicide resistance challenge. Vol. 70, Issue 9, pp.1306–1315. September 2014.

34. FAO. 2014. *Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 Analysis*. FAO Statistics Division Working Paper Series, No. 14–02. Rome.

35. Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. & Ingram, J.S. 2012. Climate Change and Food Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 2012. 37:195–222. DOI: 10.1146/annurev-environ-020411-130608.

36. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Final draft Report of Working Group III. Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

37. FAO. 2013. *Climate-smart agriculture sourcebook*. Rome.

38. Altieri, M. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1–24.

39. ILO (International Labour Organization). 2012. *Global Employment Trends 2012. Preventing a deeper job crisis*. Geneva, Switzerland.

40. FAO. 2012. *Decent rural employment for food security: a case for action*. Rome.

41. FAO. 2014. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2014. Улучшение благоприятной среды для продовольственной безопасности и питания*. Рим.
42. Fan, M.S., Zhao, F.J. & Fairweather-Tait, S.J. 2008. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22:315–324.
43. Mayer, A.M. 1997. Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *British Food Journal*, 99:207–211.
44. Davis, D.R., Epp, M.D. & Riordan, H.D. 2004. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops. *Journal of the American College of Nutrition*, 23:669–682.
45. FAO. 2012. *Sustainable nutrition security: Restoring the bridge between agriculture and health*. Traore, M., Thompson, B. & Thomas, G. Rome.
46. Foresight. 2011. *The future of food and farming: Challenges and choices for global sustainability*. Final Project Report. London, Government Office for Science.
47. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) & FAO. 2015. *Agricultural Outlook 2015–2024*. Paris and Rome.
48. FAO. 2012. *World agriculture towards 2030/2050 - The 2012 revision*. ESA Working Paper No. 12-03, June 2012. Rome.
49. Fischer, G. 2011. How can climate change and the development of bioenergy alter the long-term outlook for food and agriculture? In P. Conforti, ed. *Looking ahead in world food and agriculture: perspectives to 2050*. Rome, FAO.
50. Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2014. *Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world?* ACIAR Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
51. FAO. 2013. *Food wastage footprint. Full cost accounting: Final report*. Rome.
52. Lal, R. 2014. Abating climate change and feeding the world through soil carbon sequestration. In D. Dent, ed. *Soil as world heritage*, pp 443–457. Berlin: Springer.
53. FAO. 2011. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Managing systems at risk*. Rome.
54. FAO. 2013. *Guidelines to control water pollution from agriculture in China – Decoupling water pollution from agricultural production*. Rome.
55. Shiferaw, B., Prasanna B.M., Hellin, J. & Bänziger, M. 2011. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3: 307–327.
56. Funk, C.C. & Brown, M.E. 2009. Declining global per capita agricultural production and warming oceans threaten food security. *Food Security*, 1:271–289.
57. CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). 2009. *Wheat facts and futures 2009*. Dixon, J., H.-J. Braun, P. Kosina & J. Crouch, eds. Mexico, D.F., CIMMYT.
58. FAO. 2011. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2011. Как волатильность мировых цен влияет на экономику стран и продовольственную безопасность?* Рим.
59. Pardey, P., Alston, J. & Piggott, R. 2006. *Agricultural R&D in the developing world*. Washington, DC, IFPRI.
60. Pardey, P., Alston, J. & Chan-Kang, C. 2013. Public agricultural R&D over the past half century: an emerging new world order. *Agricultural Economics*, 44(1): 103–113.
61. Beintema, N., Stads, G.J., Fuglie K. & Heisey, P. 2012. *ASTI global assessment of agricultural R&D spending: Developing countries accelerate investment*. IFPRI, ASTI & GFAR, Rome. 24pp.
62. Lobell D.B., Schlenker, W.S. & Costa-Roberts, J. 2011. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333:616–620.
63. Padgham, J. 2009. *Agricultural development under a changing climate: opportunities and challenges for adaptation*. Washington D.C., The World Bank.
64. Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugge, D., Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D'Croz, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., van Meijl, H. & Willenbockel, D. 2015. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. *Environmental Research Letters*, 10 (2015) 085010.
65. Prasanna, B.M. 2014. Maize research-for-development scenario: challenges and opportunities for Asia. In B.M. Prasanna et al., eds. *Book of extended summaries*, 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security. Bangkok, Thailand, 30 October – 1 November 2014. CIMMYT, Mexico D.F. and APAARI, Bangkok, pp.2–11.
66. Tesfaye, K., Gbegbelegbe, S., Cairns, J.E., Shiferaw, B., Prasanna, B.M., Sonder, K., Boote, K.J., Makumbi, D., Robertson, R. 2015. Maize systems under climate change in sub-Saharan Africa: potential impacts on production and food security. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 7 Issue 3, pp.247–271.
67. Paterson, R. R. M., & Lima, N. 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*, 43(7): 1902–1914.
68. Mackill, D. J., Ismail, A. M., Pamplona, A.M., Sanchez, D.L., Carandang, J.J. & Septiningsih, E.M. 2010. Stress-tolerant rice varieties for adaptation to a changing climate. *Crop Environment and Bioinformatics*. 7: 250–259.
69. Zeigler, R. 2014. *IRRI 2035: Investing in the future*. Based on a presentation by the Director General to the IRRI community, 30 May 2013. Los Baños, Philippines.
70. Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J.M., Ortiz-Monasterio, J.I. & Reynolds, M. 2008. Climate change: can wheat beat the heat? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 126:45–58.
71. Rosegrant, M. R., Ringler, C., Sulser, T. B., Ewing, M., Palazzo, A. & Zhu, T. 2009. *Agriculture and food security under global change: Prospects for 2025/2050*. Washington, D.C., International Food Policy Research Institute.
72. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Trade (<http://faostat.fao.org>).
73. World Bank. 2015. Poverty and Equity Database (available at <http://povertydata.worldbank.org/poverty/home/>).
74. FAO. 2014. *Food Outlook. Biannual report on global food markets*. Rome.
75. Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., de Vries, F. & Morrison, J.I.L. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental science & technology*, 40: 1114–1119.
76. Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554): 2959–2971.
77. Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22: 86–108.
78. Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Smith, P., Thornton, P.K., Toulmin, C., Vermeulen, S.J. & Godfray, H.C.J. 2013. Sustainable Intensification in agriculture: premises and policies. *Science* 341: 33–34.
79. FAO. 2010. *Sustainable crop production intensification through an ecosystem approach and an enabling environment: Capturing efficiency through ecosystem services and management*. Rome.
80. FAO. 2012. *Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from Conservation Agriculture: a literature review*. Integrated Crop Management, Vol.16–2012. Rome.
81. Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*. 304, 1623 (2004). DOI: 10.1126/science.1097396.
82. Christiaensen, L., Demery, L. & Kuhl, J. 2011. The (evolving) role of agriculture in

poverty reduction: an empirical perspective. *Journal of Development Economics*, 96: 239–254.

Глава 2. На пути к устойчивому производству зерновых

1. ФАО. 2011. *Сохранить и приумножить. Руководство для политиков по устойчивой интенсификации растениеводства в мелких хозяйствах*. Рим.
2. FAO. 2014. *Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches*. Rome.
3. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Invited Review. *Annals of Botany*, 114 (8): 1571–1596.
4. Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. & Kienzle, J. 2014. *Worldwide adoption of Conservation Agriculture*. Paper presented at the 6th World Congress on Conservation Agriculture, 28–25 June 2014, Winnipeg, Canada.
5. Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E. & Hobbs, P.R. 2007. No-tillage seeding in conservation agriculture (Second Edition). C.J. Baker & K.E. Saxton, eds. Rome, FAO & Cambridge, USA, CAB International.
6. Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F. & Pretty, J. 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(4) 2009, pp.292–320.
7. Friedrich, T., Derpsch, R. & Kassam, A. 2012. Global overview of the spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports Special Issue (Reconciling Poverty Alleviation and Protection of the Environment)*, 6: 1–7.
8. FAO. 2014. *Managing soils for food security and climate change adaptation and mitigation*. Rome.
9. Sun, L., Chang, S.X., Feng, Y.S., Dyck, M.F. & Puurveen, D. 2015. Nitrogen fertilization and tillage reversal affected water-extractable organic carbon and nitrogen differentially in a Black Chernozem and a Gray Luvisol. *Soil and Tillage Research*, 146: 253–260.
10. Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.-J., Duveiller, E., Reynolds, M. & Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5: 291–317.
11. Sayre, K.D., & Govaerts, B. 2009. Conservation agriculture for sustainable wheat production. In: J. Dixon, H. J. Braun, P. Kosina, & J. Crouch, eds. *Wheat facts and futures 2009*. Mexico International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).
12. Aryal, J.P., Sapkota, T.B., Jat, M.L. & Bishnoi, D. 2015. On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: a case of north-west India. *Experimental Agriculture*, 51: 1–16., Cambridge University Press 2014. doi:10.1017/S001447971400012X.
13. Moussadek, R. 2012. Impacts de l'agriculture de conservation sur les propriétés et la productivité des vertisols du Maroc Central. *Afrika focus*, 25(2): 147–151.
14. Scopel, E., Triomphe, B., dos Santos Ribeiro, MdeF., Séguy, L., Denardin, J.E. & Kochhann, R.A. 2004. Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. In R.A. Fischer, ed. *New directions for a diverse planet*. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
15. Thierfelder, C. & Mupangwa, W. 2014. *Identifying new sustainable intensification pathways for smallholder farmers in Southern Africa*. Paper presented at the World Congress of Conservation Agriculture (WCCA6), June 22–25, 2014, Winnipeg, Canada.
16. Kumar V. & Ladha J.K. 2011. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. *Advances in Agronomy*, 111: 297–413.
17. Yamano, T., Baruah, S., Sharma, R., & Kumar, A. 2013. *Factors affecting the adoption of direct-seeded rice in the northeastern Indo-Gangetic Plain*. CSISA Socioeconomics Policy Brief. New Delhi: International Rice Research Institute.
18. Frison, E.A., Cherfas, J. & Hodgkin, T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability* 3: 238–253.
19. Mayee, C.D., Monga, D., Dhillon, S.S., Nehra, P.L. & Pundhir, P. 2008. *Cotton-wheat production system in South Asia: a success story*. Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions, Bangkok, Thailand.
20. Buttar, G.S., Sidhu, H.S., Singh, V., Gupta, N., Gupta, R., Jat, M.L. & Singh, B. 2011. Innovations for relay planting of wheat in cotton: a breakthrough for enhancing productivity and profitability in cotton-wheat systems of South Asia. *Experimental Agriculture* (2013), Vol. 49 (1), pp.19–30 (doi:10.1017/S0014479712001032).
21. Kukul S.S., Singh, Y., Jat, M.L. & Sidhu, H.S. 2014. Improving Water Productivity of Wheat-Based Cropping Systems in South Asia for Sustained Productivity. In Donald L Sparks, ed. *Advances in Agronomy*, (127): 159–230. University of Delaware, USA.
22. He, Ping, Lia, S., Jina, J., Wang, H., Li, C., Wang, Y. & Cuie, R. 2009. Performance of an optimized nutrient management system for double-cropped wheat-maize rotations in North-Central China. *Agronomy Journal* 101(6): 1489–1496.
23. Sepat, S. & Rana, D.S. 2013. Effect of Double No-till and Permanent Raised Beds on Productivity and Profitability of Maize (*Zea mays* L.) –wheat (*Triticum aestivum* (L.) Emend. Flori & Paol) Cropping System under Indo-Gangetic Plains of India. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4 (8): 787–790.
24. Bezner-Kerr, R., Snapp, S.S., Chirwa, M., Shumba, L. & Msachi, R. 2007. Participatory research on legume diversification with Malawian smallholder farmers for improved human nutrition and soil fertility. *Experimental Agriculture*, 43: 437–453.
25. Giller, K.E., Murwira, M.S., Dhlwayo, D.K.C., Mafongoya, P.L., & Mpepereki, S. 2011. Soybeans and sustainable agriculture in southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9: 50–58.
26. Kamanga, B.C.G., Kanyama-Phiri, G.Y., Waddington, S.R., Almekinders, C.J.M. & Giller, K.E. 2014. The evaluation and adoption of annual legumes by smallholder maize farmers for soil fertility maintenance and food diversity in central Malawi. *Food Security*, 6(1): 45–59.
27. Wilkins, R.J. 2008. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491): 517–525.
28. Garrity, D.P. 2011. *Making Conservation Agriculture ever green*. Keynote presentation 5th World Congress on Conservation Agriculture and 3rd Farming Systems Design Conference (WCCA5 and FSD3), 26–29 September 2011, Brisbane Australia.
29. Kluthcouski, J., Cobucci, T., Aidar, H., Yokoyama, L.P., Oliveira I.P. de, Costa, J.L. da S., Silva, J.G. da, Vilela, L., Barcellos, A. de O. & Magnobosco, C.de U. 2000. *Sistema Santa Fé - Tecnologia Emprapa: Integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageira, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional*. Santo Antônio de Goiás, Brazil: Embrapa Arroz e Feijão, 28pp. Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica 38.
30. Pacheco, A.R., de Queiroz Chaves, R. & Lana Nicoli, C.M. 2013. Integration of crops, livestock, and forestry: A system of production for the Brazilian Cerrados, pp.51–60. In C.H. Hershey & P. Neate, eds. *Eco-efficiency: From vision to reality (Issues in Tropical Agriculture series)* Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2013.
31. Vilra, L., Macedo, M.C.M., Júnior, G.B.M. & Kluthcouski, J. 2003. Crop-livestock integration benefits. In: J. Kluthcouski, L.F. Stone & H. Aidar, eds. *Integração lavoura-pecuária. Embrapa Arroz e Feijão*, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brazil.
32. FAO. 2007. *Tropical crop–livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience* by Landers, J.N. 2007 Integrated Crop Management 5. Rome. 92pp.
33. Timsina, J., Jat, M.L. & Majumdar, K. 2010. Rice-maize systems of South Asia: current status, future prospects and research priorities for nutrient management. *Plant Soil*, 335:65–82.
34. FAO. 2012. *Farmer Field Schools as a vehicle to help vulnerable smallholder farmers develop climate resilient farming systems: experiences based on FAO's work in South and*

- Southeast Asia*. Presentation to the Second World Bank-FAO Expert Meeting, 14–16 May 2012, Bangkok, Thailand.
35. Sounkoura, A., Ousmane, C., Eric, S., Urbain, D., Soule, A., Sonia, P. & Joel, H. 2011. Contribution of rice and vegetable value chains to food security and incomes in the inland valleys of southern Benin and Mali: Farmers' Perceptions. In: *Agricultural Innovations for Sustainable Development. Contributions from the Finalists of the 2009/2010 Africa-wide Women and Young Professionals in Science Competitions*. 3(2): 51–56. CTA & FARA.
36. FAO. 2004. *Culture of fish in rice fields*. M. Halwart & M. Gupta, eds. Rome.
37. Khaleduzzaman, A.B.M., Akbar, M.A. & Shamsuddin, M. 2011. Integration of forage production with high-yielding rice variety cultivation in Bangladesh. In: H.P.S. Makkar, ed. *Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries*. Proceedings of the FAO Electronic Conference, 1–30 September 2010, Rome. FAO Animal Production and Health Proceedings. No. 11. Rome.
38. Doran, J.W. & Zeiss, M.R. 2000. *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality*. *Agronomy & Horticulture - Faculty Publications, Paper 15*. Lincoln (USA), University of Nebraska.
39. Lal, R. 2010. Eco-efficiency in agro-eco-systems through soil carbon sequestration. *Crop Science*, Vol. 50 no. Supplement_1. Crop Science Society of America, Madison, WI. DOI: 10.2135/cropsci2010.01.0012.
40. Lal, R. 2015. World water resources and achieving water security. *Agronomy Journal*, 107: 4: pp.1526–1532.
41. Mrabet, R., Moussadek, R., Fadlaoui, A. & van Ranst, E. 2012. Conservation agriculture in dry areas of Morocco. *Field Crops Research*, 132: 84–94.
42. Moussadek, R., Mrabet, R., Dahan, A., Zouahri, M., Mourid, E. & Van Ranst, E. 2014. Tillage System Affects Soil Organic Carbon Storage and Quality in Central Morocco. *Applied and Environmental Soil Science*, 2014. Article ID 654796 doi:10.1155/2014/654796.
43. Jat, M.L., Gathala, M.K., Ladha, J.K., Saharawat, Y.S., Jat, A.S., Kumar, V., Sharma, S.K., Kumar, V. & Gupta, R. 2009. Evaluation of precision land leveling and double zero till systems in the rice–wheat rotation: water use productivity, profitability and soil physical properties. *Soil & Tillage Research*, 105, 112–121.
44. Scopel, E., Findeling, A., Chavez Guerra, E. & Corbeels, M. 2005. Impact of direct sowing mulch-based cropping systems on soil carbon, soil erosion and maize yield. *Sustainable Development*, 25: 425–432 doi: 10.1051/agro:2005041.
45. Hasniati, D. & Shelton, M. 2005. *Sesbania grandiflora*: a successful tree legume in Lombok, Indonesia. *Tropical Grasslands Journal*, Vol. 39. 2005. p. 217.
46. Kaizzi, C.K., Ssali, H., Nansamba, A. & Vlek, P. 2007. The potential benefits of *Azolla*, Velvet bean (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) and N fertilizers in rice production under contrasting systems in eastern Uganda. In A. Bationo, B. Waswa, J. Kihara & J. Kimetu, eds. *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities*, pp 423–433.
47. Singh, M., Singh, V.P. & Reddy, K.S. 2001. Effect of integrated use of fertilizer N and FYM or green manure on transformation of NK and S and productivity of rice-wheat system on Vertisols. *Journal of the Indian Society Soil Science*, 49: 430–435.
48. Snapp, S.S., Mafongoya, P.L. & Waddington, S. 1998. Organic matter technologies for integrated nutrient management in smallholder cropping systems of southern Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 71: 185–200.
49. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K.E., Merckx, R., Mokwunye, U., Ohiokpehai, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K.D., Smaling, E.M.A., Woomer, P.L. & Sanginga, N. 2010. Integrated soil fertility management: Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on Agriculture*, 39(1): 17–24.
50. Nyamangara, J., Nyaradzo Masvaya, E., Tirivavi, R. & Nyengerai, K. 2013. Effect of hand-hoe based conservation agriculture on soil fertility and maize yield in selected smallholder areas in Zimbabwe. *Soil & Tillage Research* 126 (2013) 19–25.
51. Snapp, S., Jayne, T.S., Mhango, W., Benson, T. & Ricker-Gilbert, J. 2014. *Maize yield response to nitrogen in Malawi's smallholder production systems*. Malawi Strategy Support Program Working Paper No. 9. Washington, DC, IFPRI.
52. Buresh, R.J. & Wopereis, M. 2014. *Save and Grow: Rice*. Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rome, FAO. (mimeo).
53. Pampolino, M.F., Manguiat, J., Ramananthan, S., Gines, H.C., Tan, P.S., Chi, T.T.N., Rajendran, R. & Buresh, R.J. 2007. Environmental impact and economic benefits of site-specific nutrient management (SSNM) in irrigated rice systems. *Agricultural Systems*, 93(1): 1–24 doi:10.1016/j.agry.
54. Biradar D.P., Aladakatti, Y.R., Rao, T.N. & Tiwari, K.N. 2006. Site-Specific Nutrient Management for maximization of crop yields in Northern Karnataka. *Better Crops*, 90(3): 33–35.
55. Bindraban, P.S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A. & Rabbinge, R. 2015. Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*. DOI: 10.1007/s00374-015-1039-7.
56. Asaduzzaman, M. 2011. *Technology transfer and diffusion: Simple to talk about not so easy to implement*. A presentation made in WIPO Conference on Innovation and Climate Change, 11–12 July 2011. Geneva.
57. World Bank. 2012. *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook*. Washington DC. DOI: 10.1596/978-0-8213-8684-2.
58. Ortiz-Monasterio J. & Raun, W. 2007. *Reduced nitrogen and improved farm income for irrigated spring wheat in the Yaqui Valley, Mexico, using sensor based nitrogen management*. Paper presented at the International Workshop on Increasing Wheat Yield Potential. CIMMYT, Obregon, Mexico, 20–24 March 2006. *Journal of Agricultural Science*, 145: 215–222.
59. Sapkota, T.B., Majumdar, K., Jat, M.L., Kumar, A., Bishnoi, D.K., McDonald, A.J. & Pampolino, M. 2014. Precision nutrient management in conservation agriculture based wheat production of Northwest India: Profitability, nutrient use efficiency and environmental footprint. *Field Crops Research*, 155:233–244.
60. Lobell, D.B., Hammer, G.L., McLean, G., Messina, C., Roberts, M.J. & Schlenker, W. 2013. The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nature Climate Change*, 3: 397–501.
61. Edmeades, G.O. 2015. *Maize – Improved varieties*. Paper prepared for FAO for Save and Grow: Maize, Rice and Wheat. Rome. (mimeo).
62. Borlaug Institute for South Asia. 2015. *Major Accomplishments 2012–2014*. BISA Report Series 1. New Delhi, India. 38pp.
63. Mackill, D. J., Ismail, A. M., Pampolina, A.M., Sanchez, D.L., Carandang, J.J. & Septiningsih, E.M. 2010. Stress-tolerant rice varieties for adaptation to a changing climate. *Crop, Environment & Bioinformatics*, 7: 250–259.
64. Solh, M., Braun, H.-J. & Tadesse, W. 2014. *Save and Grow: Wheat*. Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rabat, ICARDA. (mimeo).
65. IAEA (International Atomic Energy Agency). 2010. *Mass screening techniques for selecting crops resistant to diseases*. IAEA-TDL-001, Vienna.
66. Cissoko, M., Boissard, A., Rodenburg, J., Press, M.C. & Scholes, J.D. 2011. New Rice for Africa (NERICA) cultivars exhibit different levels of post-attachment resistance against the parasitic weeds *Striga hermonthica*. *New Phytologist*, 192: 952–963.
67. Jamil, M., Rodenburg, J., Charnikhova, T. & Bouwmeester, H.J. 2011. Pre-attachment *Striga hermonthica* resistance of New Rice for Africa (NERICA) cultivars based on low strigolactone production. *New Phytologist*, 192: 964–975.
68. IRRI (International Rice Research Institute). 2015. Disease and pest resistant rice (available at <http://irri.org/our-work/research/better-rice-varieties/disease-and-pest-resistant-rice>).

69. HarvestPlus. 2014. *Biofortification progress briefs*. August 2014 (available at http://www.harvestplus.org/sites/default/files/Biofortification_Progress_Briefs_August2014_WEB_0.pdf).
70. Atlin, G.N., Palacios, N., Babu, R., Das, B., Twumasi-Afriyie, S., Friesen, D., De Groot, H., Vivek, B. & Poxley, K. 2011. Quality Protein Maize: Progress and Prospects. In J. Janick, ed. *Plant Breeding Reviews*, 34: 83–31. Wiley-Blackwell.
71. Babu, R., Palacios, N. & Prasanna, B.M. 2013. Biofortified maize – a genetic avenue for nutritional security. In R.K. Varshney & R. Tuberosa, eds. *Translational genomics for crop breeding: Abiotic stress, yield, and quality*. John Wiley & Sons, pp.161–176.
72. Mahmood, T. & Trethowan, R. 2015. Crop breeding for conservation agriculture. In M. Farooq & K.H.M. Siddique, eds. *Conservation agriculture*, pp159–179.
73. Lopes, M., El-Basyoni, I., Baenziger, P.S., Singh, S., Royo, C., Ozbek, K., Aktas, H., Ozer, E., Ozdemir, F., Manickavelu, A., Ban, T. & Vikram, P. 2015. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *Journal of Experimental Botany*, 2015 Jun;66(12):3477–3486. Epub 2015 Mar 28.
74. George, T.S., Hawes, C., Newton, A.C., McKenzie, B.M., Hallett, P.D. & Valentine, T.A. 2014. Field phenotyping and long-term platforms to characterise how crop genotypes interact with soil processes and the environment. *Agronomy* 4, no. 2: 242–278.
75. Brooker, R.W., Bennett, A. E., Cong, W.-F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J. & White, P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206: 107–117. doi: 10.1111/nph.13132.
76. Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C. & Flores, D. 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*. Volume 153, September 2013, pp.12–21.
77. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R. & Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671–677. doi:10.1038/nature01014.
78. Trethowan, R., Manes, Y. & Chattha, T. 2009. *Breeding for improved adaptation to conservation agriculture improves crop yields*. Paper presented at the 4th World Congress on Conservation Agriculture, February 4–7, 2009, New Delhi, India.
79. Global Rice Science Partnership (GRiSP). 2013. *Rice almanac*, 4th edition. IRRRI, Los Baños, Philippines, 283pp.
80. Smith, J.S., Jones, E. S., Nelson, B.K., Phillips, D.S. & Wineland, R.A. 2014. Genomic approaches and intellectual property protection for variety release: A perspective from the private sector. *Genomics of Plant Genetic Resources*. Springer Netherlands, 2014. pp.27–47.
81. Prasanna, B.M. 2015. *Climate-resilient maize development and delivery in the tropics through public-private partnerships: CIMMYT's experiences and perspective*. 5th International Workshop on Next Generation Genomics and Integrated Breeding for Crop Improvement (February 18 – 20, 2014), ICRISAT, Patancheru, India.
82. Joshi, A. K., Azab, M., Mosaad, M., Moselhy, M., Osmanzai, M., Gelalcha, S., Bedada, G., Bhatta, M. R., Hakim, A., Malaker, P. K., Haque, M. E., Tiwari, T. P., Majid, A., Jalal Kamali, M. R., Bishaw, Z., Singh, R. P., Payne, T. & Braun, H. J. 2011. Delivering rust resistant wheat to farmers: a step towards increased food security. *Euphytica* 179:187–196.
83. Lewis, V. & Mulvany, P.M. 1997. *A typology of community seed banks*. Natural Resources Institute (NRI), University of Greenwich, Central Avenue and Intermediate Technology Development Group, Myson House, U.K.
84. Gadal, N., Bhandari, D.B., Pandey, A., Dilli Bahadur, K.C. & Dhami, N.B. 2014. Strengthening the local seed systems and disadvantaged communities: success and evolution of the first community-managed seed production company in the hills of Nepal. In B.M. Prasanna *et al.*, eds. *Book of Extended Summaries, 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security*. Bangkok, Thailand, October 30 – November 1, 2014. CIMMYT, Mexico D.F. and APAARI, Bangkok, pp.238–242.
85. Lopes, M., Nesbitt, H., Spycykerelle, L., Pauli, N., Clifton, J. & Erskine, W. 2015. Harnessing social capital for maize seed diffusion in Timor-Leste. *Agronomy for Sustainable Development*, 35:847–855.
86. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.
87. Yadvinder-Singh, Kukal, S.S., Jat, M.L. & Sidhu, H.S. 2014. Improving Water Productivity of Wheat-Based Cropping Systems in South Asia for Sustained Productivity. *Advances in Agronomy*, 127: 157–258.
88. Garg, K.K., Karlberg, L., Barron, J., Wani, S.P. & Rockstrom, J. 2012. Assessing impact of agricultural water interventions at the Kothapally watershed, Southern India. *Hydrological Processes*, 26(3): 387–404.
89. Singh, R., Garg, K.K., Wani, S.P., Tewari, R.K. & Dhyani, S.K. 2014. Impact of water management interventions on hydrology and ecosystem services in Garhkundar-Dabar watershed of Bundelkhand region, Central India. *Journal of Hydrology*, 509:132–149.
90. El-Swaify, S.A., Pathak, P., Rego, T.J. & Singh, S. 1985. Soil management for optimized productivity under rainfed conditions in the semi-arid tropics. *Advances in Soil Science*, 1: 1–64.
91. Molden, D., Oweis T., Steduto, P., Bindra-ban, P., Hanjra, M. & Kijne, J. 2010. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4): 528–535.
92. Amberger A. 2006. *Soil fertility and plant nutrition in the tropics and subtropics*. International Fertilizer Industry Association & International Potash Institute, France.
93. Ilbeyi, A., Ustun, H., Oweis T., Pala, M. & Benli, B. 2006. Wheat water productivity in a cool highland environment: Effect of early sowing with supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*, 82: 399–410.
94. IAEA. 2012. *Greater agronomic water use efficiency in wheat and rice using carbon isotope discrimination*. IAEA-TECDOC-1671, Vienna, Austria.
95. Sharma, P.C., Jat, H.S., Kumar, V., Gathala, M.K., Datta, A., Yaduvanshi, N.P.S., Choudhary, M., Sharma, S., Singh, L.K., Saharawat, Y., Yadav, A.K., Parwal, A., Sharma, D.K., Singh, G., Jat, M.L., Ladha, J.K. & McDonald, A. 2015. *Sustainable intensification opportunities under current and future cereal systems of North-West India*. Technical Bulletin: CSSRI/ Karnal/2015/e. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India.
96. ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas). 2013. *ICARDA Annual Report*. Beirut, Lebanon.
97. Marino, M. 2013. Raised beds prove their worth. *Partners magazine*. Winter 2013. Australian Center for International Agricultural Research. Canberra.
98. Mandal, K.G., Hati, K.M., Misra, A.K., Bandyopadhyay, K.K. & Tripathi, A.K. 2013. Land surface modification and crop diversification for enhancing productivity of a Vertisol. *International Journal of Plant Production* 7 (3). July 2013.
99. Gupta, R., Jat, R.K., Sidhu, H.S., Singh, U.P., Singh, N.K., Singh, R.G. & Sayre, K.D. 2015. *Conservation Agriculture for sustainable intensification of small farms*. Compendium of Invited Papers presented at the XII Agricultural Science Congress 3–6 February 2015, ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal, India. pp.15.
100. Djabga, J.F., Rodenburg, J., Zwart, S.J., Houndagba, C.J. & Kiepe, P. 2014. Failure and success factors of irrigation system developments: a case study from the Ouémé and Zou valleys in Benin. *Irrigation and Drainage*, 63(3): 328–329.
101. Rodenburg, J., Zwart, S.J., Kiepe, P., Narteh, L.T., Dogbe, W. & Wopereis, M.C.S. 2014. Sustainable rice production in African inland valleys: seizing regional potentials through local approaches. *Agricultural Systems*, 123: 1–11.

102. Richards, M. & Ole Sander, B. 2014. *Alternate wetting and drying in irrigated rice*. Practice brief – Climate-smart agriculture, April 2014 (available at <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/34363/retrieve>).
103. Lampayan, R.M., Rejesus, R.M., Singleton, G.R. & Bouman, B.A.M. 2015. Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. *Field Crops Research*, 170: 95–108.
104. Kreye, C., Bouman, B.A.M., Reversat, G., Fernandez, L., Vera Cruz, C., Elazegui, F., Fanonilo, J.E. & Llorca, L. 2009. Biotic and abiotic causes of yield failure in tropical aerobic rice. *Field Crops Research*, 112: 97–106.
105. Oerke, E.C. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144: 31–43.
106. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2015. Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa. *Insects* 2015, 6(1), 152–182; doi:10.3390/insects6010152.
107. Gould, F., Kennedy, G.G. & Johnson, M.T. 1991. Effects of natural enemies on the rate of herbivore adaptation to resistant host plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 58: 1–14.
108. Gallagher, K.D., Kenmore, P.E. & Sogawa, K. 1994. Judicial use of insecticides deter planthopper outbreaks and extend the life of resistant varieties in southeast Asian rice. pp 599–614. In R.F. Denno & T.J. Perfect, eds., *Planthoppers-their ecology and management*. New York, Chapman and Hall.
109. Heong, K.L., Escalada, M.M., Huan, N.H., Chien, H.V. & Quynh, P.V. 2010. Scaling out communication to rural farmers: lessons from the “Three Reductions, Three Gains” campaign in Vietnam. In F.G. Palis, G.R. Singleton, M.C. Casimero & B. Hardy, eds. *Research to impact: case studies for natural resource management for irrigated rice in Asia*, pp.207–220. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute. 370pp.
110. Gallagher, K.D. 1998. *Farmer Field Schools for Integrated Pest Management in Africa with Special Reference to East Africa. Proceedings of the National Pre-Season Planning Workshop on the Implementation of Field School Groups for Integrated Production and Pest Management*. 31 August–1 September, 1998. ZIPAM, Darwendale. Government of Zimbabwe and FAO Global IPM Facility. Rome.
111. FAO. 2004b. *IPM Farmer Field Schools: A synthesis of 25 impact evaluations*. Rome, Global IPM Facility.
112. Hruska, A.J. & Corriols, M. 2002. The impact of training in integrated pest management among Nicaraguan maize farmers: increased net returns and reduced health risk. *International Journal of Occupational and Environmental Health*. Vol. 8, Issue 3 (01 July 2002), pp.191–200.
113. Tejada, T. 1990. Uso de aceite en el control de *Heliothis zea* y *Euxesta* sp. en el cultivo de maíze. *Memorias de la XIV Reunion de Maiceros de la Zona Andina y la I Reunion Suramericana de los Maiceros*. Maracay, Venezuela. 7pp.
114. Abanto, W., Narro, L. & Chavez, A. 1998. Control del gusano mazorquero (*Heliothis zea*, Boddie) en maiz amiláceo mediante la aplicación de aceite de consumo humano. p. 530–538. In C. De Leon, L. Narro & S. Reza, eds. *Memorias IV Reunión Latinoamericana y XVII Reunión de la Zona Andina de Investigadores en Maíz*. Agosto 10–17, 1997. CORPOICA, Ceres, Colombia.
115. Tapia, I., Bermeo, D.B., Silva, E. & Racines, M. 1999. Evaluación de cuatro métodos de aplicación de aceite comestible vegetal en el control de *Heliothis zea* y *Euxesta* sp. en la sierra del Ecuador. Proc. XVIII Reunión Latinoamericana del Maíz. Sete Lagoas, Brazil. pp.671–675.
116. Valicente, F.H. 2008. Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com *Bacillus thuringiensis*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 105; 9pp.
117. Valicente, F. H., Tuelher, E. De S. & Barros, E.C. 2010. Processo de formulação do *Baculovirus spodoptera* em pó molhável. Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 156; 5pp. Sete Lagoas, Brazil.
118. Cruz, I., Figueiredo, M.L.C., Silva, R.B. & Foster, J.E. 2010. Efficiency of chemical pesticides to control *Spodoptera frugiperda* and validation of pheromone trap as a pest management tool in maize crop. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Vol.9, n.2, p.107–122, 2010.
119. Oswald, A. & Ransom, J. 2001. *Striga* control and improved farm productivity using crop rotation. *Crop Protection*, Vol. 20, Issue 2, March 2001, pp.113–120.
120. Rodenburg, J., Cissoko, M., Kayeke, J., Dieng, I., Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Onyuka, E.O. & Scholes, J.D. 2015. Do NERICA rice cultivars express resistance to *Striga hermonthica* (Del.) Benth. and *Striga asiatica* (L.) Kuntze under field conditions? *Field Crops Research*, 170 (2015): 83–94.
121. Conner, R. L., Kuzyk, A. D. & Su, H. 2003. Impact of powdery mildew on the yield of soft white spring wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 83(4): 725–728.
122. Duveiller, E., Singh, R. P. & Nicol, J. M. 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica*, 157(3): 417–430.
123. FAO. 2011. *History of IPM/FFS in Iran*. FAO project GTFS/REM/070/ITA Regional Integrated Pest Management (IPM) Programme in the Near East. Rome.

Глава 3. Сельскохозяйственные системы, позволяющие сохранить и приумножить

«Пуш-пул» борется с вредителями и увеличивает производство молока

1. Khan, Z. & Pickett, J. 2009. *Push-pull strategy for insect pest management*. Nairobi. ICIPE.
2. Midega, C.A.O., Khan, Z.R., Van den Berg, J., Ogot, C.K., Bruce, T.J. & Pickett, J.A. 2009. Non-target effects of the ‘push-pull’ habitat management strategy: Parasitoid activity and soil fauna abundance. *Crop Protection* 28 (2009) 1045–1051.
3. International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE). 2010. *Impact assessment of push-pull technology developed and promoted by ICIPE and partners in eastern Africa*. Nairobi.
4. Khan, Z., Midega, C., Pittchar, J., Murage, A., Birkett, M., Bruce, T. & Pickett, J. 2012. Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push-pull innovation by 2020. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B: Biological Sciences* 2014 Apr 5; 369(1639).
5. ICIPE. 2013. *Climate-smart push-pull: resilient, adaptable conservation agriculture for the future*. Nairobi.
6. Murage, A.W., Midega, C.A.O., Pittchar, J.O., Pickett, J.A. & Khan, Z.R. 2015. Determinants of adoption of climate-smart push-pull technology for enhanced food security through integrated pest management in eastern Africa. *Food Security* 7(3), 709–724.

Повышение урожайности здоровых растений в здоровой почве

1. Sharma, P.K. & De Datta, S.K. 1986. Physical properties and processes of puddled rice soil. *Advances in Soil Science* 5: 139–178.
2. Africare, Oxfam America, WWF-ICRISAT Project. 2010. *More Rice for People, More Water for the Planet*. WWF-ICRISAT Project, Hyderabad, India.
3. Berkhout, E., Glover, D. & Kuyvenhoven, A. 2015. On-farm impact of the System of Rice Intensification (SRI): Evidence and knowledge gap. *Agricultural Systems* 132: 157–166.
4. Buresh, R.J. 2015. Nutrient and fertilizer management in rice systems with varying supply of water. In P. Drechsel, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen & D. Wichelns, eds. *Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification*. International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI). Paris.
5. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Production (<http://faostat.fao.org>).

6. Uphoff, N. 2008. *Farmer innovations improving the System of Rice Intensification (SRI)* (available at http://www.future-agricultures.org/farmerfirst/files/T1a_Uphoff.pdf).
7. Thakur, A., Uphoff, N. & Antony, E. 2009. An assessment of physiological effects of System of Rice Intensification (SRI) practices compared with recommended rice cultivation practices in India. *Experimental Agriculture* (2010), Vol. 46 (1), pp.77–98.
8. Hameed, K., Mosa, A. & Jaber, F. 2011. Irrigation water reduction using System of Rice Intensification compared with conventional cultivation methods in Iraq. *Paddy Water Environment* (2011) 9:121–127.
9. Ceesay, M., Reid, W., Fernandes, E. & Uphoff, N. 2006. The effects of repeated soil wetting and drying on lowland rice yield with system of Rice Intensification (SRI) methods. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 4:1, 5–14.
10. Wu, W., Ma, B.-L. & Uphoff, N. 2015. A review of the system of rice intensification in China. *Plant and Soil*, August 2015, Vol. 393, Issue 1, pp.361–381.
11. Barah, B. 2009. Economic and ecological benefits of System of Rice Intensification (SRI) in Tamil Nadu. *Agricultural Economics Research Review*. Vol. 22, July–December 2009, pp.209–214.
12. Zhao, L., Wu, L., Li, Y., Lu, X., Zhu, D. & Uphoff, N. 2009. Influence of the System of Rice Intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different n application rates. *Experimental Agriculture* (2009), Vol. 45, pp.275–286.
13. Zhao, L., Wu, L., Wu, M. & Li, Y. 2011. Nutrient uptake and water use efficiency as affected by modified rice cultivation methods with reduced irrigation. *Paddy Water Environment* (2011) 9:25–32.
14. Dhital, K. 2011. *Study on System of Rice Intensification in transplanted and direct-seeded versions compared with standard farmer practice in Chitwan, Nepal*. Tribhuvan University Institute of Agriculture and Animal Science, Rampur, Chitwan, Nepal.
15. Dzung, N.T. 2011. *Simple and effective-SRI and agriculture innovation*. System of Rice Intensification website. (available at http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/vietnam/VN_SRI_booklet_Eng2012.pdf).
16. Nga, N., Rodriguez, D., Son, T. & Buresh, R.J. 2010. Development and impact of site-specific nutrient management in the Red River Delta of Vietnam. pp.317–334. In F.G. Palis, G.R. Singleton, M.C. Casimero & B. Hardy, eds. *Research to impact. case studies for natural resource management for irrigated rice in Asia*. International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines.
17. Choi, J.D., Kim, G.Y., Park, W.J., Shin, M., Choi, Y.H., Lee, S., Kim, S.J. & Yun, D.K. 2014. Effect of SRI water management on water quality and greenhouse gas emissions in Korea. *Irrigation & Drainage*, 63: 266–270.
18. Tuong, T. & Bouman, B. 2003. Rice production in water-scarce environments. In J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden, eds. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. CAB International.
19. Gathorne-Hardy, A., Narasimha Reddy, D., Venkatanarayana, M. & Harriss-White, B. 2013. A life-cycle assessment (LCA) of greenhouse gas emissions from SRI and flooded rice production in S.E. India. *Taiwan Water Conservancy*, 61:110–125.
20. Wassmann, R., Hosen, Y. & Sumfleth, K. 2009. *Reducing methane emissions from irrigated rice*. Focus 16(3). Washington, DC, IFPRI.
21. Yan, X., Akiyama, H., Kazuyuki, Y. & Akimoto, H. 2009. Global estimations of the inventory and mitigation potential of methane emissions from rice cultivation conducted using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 23, Issue 2, June 2009.
22. Anas, I., Rupela, O.P., Thiyagarajan, T.M. & Uphoff, N. 2011. A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. *Paddy Water Environment*, 9:53–64.
23. Lin, Xianqing, Zhu, D. & Lin, Xinjun. 2011. Effects of water management and organic fertilization with SRI crop practices on hybrid rice performance and rhizosphere dynamics. *Paddy Water Environment* (2011) 9:33–39.
24. Uphoff, N., Kassam, A. & Thakur, A. 2013. Challenges of Increasing Water Saving and Water Productivity in the Rice Sector: Introduction to the System of Rice Intensification (SRI) and this issue. 2013. *Taiwan Water Conservancy* Vol. 61, No. 4.
25. Borlaug Institute for South Asia. 2015. *Major accomplishments 2012–2014*. BISA Report Series 1, pp.13. New Delhi.
26. Lu, S.H., Dong, Y.J., Yuan, J., Lee, H. & Padilla, H. 2013. A high-yielding, water-saving innovation combining SRI with plastic cover on no-till raised beds in Sichuan, China. *Taiwan Water Conservancy*, 61: 4, 94–109.
- Больше кукурузы, меньше эрозии на тропических склонах**
1. Ayarza, M. & Welchez, L. 2004. Drivers Affecting the Development and Sustainability of the Quesungual Slash and Mulch Agroforestry System (QSMAS) on Hillsides of Honduras. In A. Noble, ed. *Comprehensive assessment "bright spots" project final report*. Cali, Colombia. CIAT.
2. CIAT. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS): Improving crop water productivity, food security and resource quality in the subhumid tropics*. CPWF Project Report. Cali, Colombia.
3. Gangloff, G., Marohn, C., Tellez, O. & Cadisch, G. 2015. *Land use change: Identifying biophysical and socio-economic factors determining adoption of the Quesungual agroforestry system*. Paper prepared for the Tropentag Conference 2015, Management of land use systems for enhanced food security: conflicts, controversies and resolution. Humboldt-Universität, Berlin.
4. CIAT. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system: an eco-efficient option for the rural poor*. Cali, Colombia.
- Дополнительные преимущества подхода «бобовые перед пшеницей»**
1. Dong, Z., Wu, L., Kettlewell, B., Caldwell, C. & Layzell, D. 2003. Hydrogen fertilization of soils – is this a benefit of legumes in rotation? *Plant, Cell and Environment* (2003) 26, 1875–1879.
2. Pulse Australia. 2008. *Australian Pulse Bulletin*. PA 2008 (4). 5pp. Melbourne, Australia.
3. Evans J., McNeill A.M., Unkovich M. J., Fettel N.A. & Heenan D.P. 2001. Net nitrogen balances for cool-season grain legume crops and contributions to wheat nitrogen uptake: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 347–359.
4. Peoples, M.B., Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Dakora, F.D., Bhattarai, S., Maskey, S.L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khan, D.F., Hauggaard-Nielsen, H. & Jensen, E.S. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* 48: 1–17.
5. Griffiths, J. 2009. Legumes – benefits beyond nitrogen. *Farming Ahead*, 211:57–58.
6. Pala, M., Van Duivenbooden, N., Studer, C. & Bilders, C.L. 1999. Cropping systems and crop complementarity in dryland agriculture. In N. Van Duivenbooden, M. Pala, C. Studer & C.L. Bilders, eds. *Efficient soil water use: the key to sustainable development in the dry areas of West Asia, and North and Sub-Saharan Africa*. Proceedings of the 1998 (Niger) and 1999 (Jordan) workshops of the Optimizing Soil Water Use (OSWU) Consortium. ICARDA, Aleppo and ICRISAT, Patancheru, pp.299–330.
7. Cooper, P.J.M., Gregory, P.J., Tully, D. & Harris, H.C. 1987. Improving Water use Efficiency of Annual Crops in the Rainfed Farming Systems of West Asia and North Africa. *Experimental Agriculture*, 23: 113–158. doi:10.1017/S001447970001694X.
8. Ryan, J., Masri, S., Ibrıcki, H, Singh, M., Pala, M. & Harris, H.C. 2008. Implications of cereal-based crop rotations, nitrogen fertilization, and stubble grazing on soil organic matter in a Mediterranean-type environment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 289–297.
9. Fischer R.A., Byerlee D. & Edmeades G.O. 2014. *Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world?* *ACIAR Monograph No. 158*. Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra.

10. Kassam, A. 2014. *Save and Grow: Soil health*. Paper presented at the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome 15–17 December 2014. Rome.
11. Tutwiler, R., Haddad, N. & Thomson, E.F. 1997. Crop-livestock integration in the drier areas of west Asia and north Africa. In: N. Haddad, R. Tutwiler & E.F. Thomson, eds. *Improvement of crop-livestock integration systems in west Asia and north Africa*. Proceedings of the Regional Symposium, 6–8 November, 1995, pp.5–22 Amman, Jordan. ICARDA, Aleppo.
12. Pala, M., Ryan, J., Zhang, H., Singh, M. & Harris, H.C. 2007. Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 93(3): 136–144. doi:10.1016/j.agwat.2007.07.001.
13. Gan, Y.T., Liang, C., Chai, Q., Lemke, R.L., Campbell, C.A. & Zentner, R.P. 2014. Improving farming practices reduce the carbon footprint of spring wheat production. *Nature Communications*, 5, Article number:5012.
14. Hailu, G., Tarekegn, A. & Asmare, E. 1989. Beneficial break crops for wheat production. *Ethiopian Journal of Agricultural Science*, 11(1): 15–24.
15. Higgs, R., Arthur, L., Peterson, E. & Paulson, W.H. 1990. Crop rotations: sustainable and profitable. *Journal of Soil and Water Conservation*, 45: 68–70.
16. Amanuel, G., Kühne, R.F., Tanner, D.G. & Vlek, P.L.G. 2000. Biological nitrogen fixation in faba bean (*Vicia faba* L.) in the Ethiopian highlands as affected by P fertilization and inoculation. *Biology and Fertility of Soils*, 32: 353–359.
17. Tanner, D.G., Yilma, Z., Zweie, L. & Geburu, G. 1994. Potential for cereal-based double cropping in Bale Region of Ethiopia. *African Crop Science Journal*, 2:135–143.
18. Asefa T., Tanner, D.G., Kefyalew, G. & Gorfu, A. 1997. Grain yield of wheat as affected by cropping sequence and fertilizer application in southeastern Ethiopia. *African Crop Science* 1, 5:147–159.
19. Moradi, H., Noori, M., Sobhkhizi, A., Fahramand, M. & Rigi, K. 2014. Effect of intercropping in agronomy. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3 (3): 315–320, 2014.
- «Питательные насысы» дают корм для скота и питательные вещества для роста кукурузы**
1. Rao, I., Peters, M., van der Hoek, R., Castro, A., Subbarao, G., Cadisch, G. & Rincón, A. 2014. Tropical forage-based systems for climate-smart livestock production in Latin America. *Rural* 21 04/2014: 12–15.
2. Resende, Á.V., Furtini Neto, A.E., Alves, V.M.C., Curi, N., Muniz, J.A., Faquin, V., & Kinpara, D.I. 2007. Phosphate efficiency for corn following *Brachiaria* grass pasture in the Cerrado Region. *Better Crops*. 91(1): 17–19.
3. CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research). 2013. *'Grassroots action' in livestock feeding to help curb global climate change*. Research Program on Livestock and Fish (available at <http://livestockfish.cgiar.org/2013/09/14/bni/>).
4. CIAT. 2010. *Livestock, climate change and Brachiaria*. CIAT Brief No. 12.
5. Holmann, F., Rivas L., Argel, P. & Pérez E. 2004. Impact of the adoption of *Brachiaria* grasses: Central America and Mexico. *Livestock Research for Rural Development* 16 (12) 2004.
6. CIAT. 2013. *The impacts of CIAT's collaborative research*. Cali, Colombia.
7. Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. pp.69–88. In P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds. *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, USA. Columbia University Press.
8. Diniz-Filho, J.A.F., de Oliveira, G., Lobo, F., Ferreira, L.G. Bini, L.M. & Rangel, T.F.L.V.B. 2009. Agriculture, habitat loss and spatial patterns of human occupation in a biodiversity hotspot. *Scientia Agricola*, 66(6):764–771.
9. Pacheco, A. R., de Queiroz Chaves, R. & Lana Nicoli, C.M. 2013. Integration of Crops, Livestock, and Forestry: A System of Production for the Brazilian Cerrados. pp.51–60. In C.H. Hershey & P. Neate, eds. *Eco-efficiency: From vision to reality (Issues in Tropical Agriculture series)* Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2013.
10. Marouelli, R.P. 2003. *O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro*. Ecobusiness School of the Instituto Superior de Administração e Economia – Fundação Getúlio Vargas (ISEA-FGV). Brasília, Brazil. (MBA Thesis).
11. Scopel, E., Triomphe, B., dos Santos Ribeiro, MdeF., Séguy, L., Denardin, J.E. & Kochhann, R.A. 2004. Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. In R.A. Fischer, ed. *New directions for a diverse planet*. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.
12. Kluthcouski, J., Cobucci, T., Aidar, H., Yokoyama, L.P., Oliveira I.P. de, Costa, J.L. da S., Silva, J.G. da, Vilela, L., Barcellos, A. de O. & Magnobosco, C.de U. 2000. *Sistema Santa Fé – Tecnologia Emprapa: Integração lavoura-pecuária peolo consórcio de culturas anuais com forrageira, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 28pp. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica 38).
13. Séguy, L., Bouzinac, S., Scopel, E. & Ribeiro, M.F.S. 2003. *New concepts for sustainable management of cultivated soils through direct seeding mulch based cropping systems: the CIRAD experience, partnership and networks*. Proceedings of the II World congress on Sustainable Agriculture “Producing in harmony with nature”, Iguacu, Brazil, 10–15 August 2003.
14. Séguy, L., Bouzinac, S., Maronezzi, A.C., Belot, J.L. & Martin, J. 2001. *A safrinha de algodão - opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de plantio direto nos trópicos úmidos – Boletim técnico 37 da COODETEC CP 301 85806-970 Cascavel – PR / Brazil*.
15. Kluthcouski, J. & Pacheco-Yokoyama, L. 2006. Crop-livestock integration options. In J. Kluthcouski, L.F. Stone & H. Aidar, eds. *Integração Lavoura-Pecuária* EMBRAPA Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, Brazil.
- Ресурсосберегающее земледелие – основа продовольственной безопасности**
1. Gupta, R. & Sayre, K. 2007. Conservation agriculture in South Asia. Paper presented at the International Workshop on Increasing Wheat Yield Potential, CIMMYT, Obregon, Mexico, 20–24 March 2006. *Journal of Agricultural Science*, 145, 207–214.
2. Sharma, B.R., Amarasinghe, U., Cai, X., de Condappa, D., Shah, T., Mukherji, A., Bharati, L., Ambili, G., Qureshi, A., Pant, D., Xenarios, X., Singh & R. & Smakhtin, V. 2010. The Indus and the Ganges: river basin under extreme pressure. *Water International*, 35, 493–521.
3. Ladha, J., Yadvinder-Singh, Erenstein O. & Hardy B., eds. 2009. *Integrated crop and resource management in the rice-wheat system of South Asia*. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute.
4. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Production (<http://faostat.fao.org>).
5. Chauhan, B.S., Mahajan, G., Sardana, V., Timsina, J. & Jat, M.L. 2012. Productivity and Sustainability of the Rice-Wheat Cropping System in the Indo-Gangetic Plains of the Indian subcontinent: Problems, Opportunities, and Strategies. *Advances in Agronomy* 117: 316–355.
6. Gautam, P. 2008. Emerging issues and strategies in the rice-wheat cropping system in the Indo-Gangetic Plains. In Y. Singh, V. Singh, B. Chauhan, A. Orr, A. Mortimer, D. Johnson & B. Hardy, eds. *Direct Seeding of rice and weed management in the irrigated rice-wheat cropping system of the Indo-Gangetic Plains*. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute & Pantnagar, India, Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology.
7. Erenstein, O. 2009. Reality on the ground: Integrating germplasm, crop management, and policy for wheat farming system development in the Indo-Gangetic Plains in. 2009. In J. Dixon, H. Braun, P. Kosina & J. Crouch, eds. *Wheat facts and futures 2009*. Mexico, D.F., CIMMYT.
8. Malik, R. K., Singh, S. & Yadav, A. 2007. Effect of sowing time on grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rice-wheat cropping

system. *Haryana Agricultural University Journal of Research*, 37: 103–105.

9. Singh, S., Sharma, R.K., Gupta, R.K. & Singh, S.S. 2008. Changes in rice-wheat production technologies and how rice-wheat became a success story: lessons from zero-tillage wheat. In *Direct Seeding of rice and weed management in the irrigated rice-wheat cropping system of the Indo-Gangetic Plains*. Y. Singh, V. Singh, B. Chauhan, A. Orr, A. Mortimer, D. Johnson & B. Hardy, eds. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute, and Pantnagar, India, Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology.

10. Erenstein, O. & Laxmi, V. 2008. Zero tillage impacts in India's rice-wheat systems. *Soil Tillage Research*, 100, 1–14.

11. Gupta, R., Jat, R.K., Sidhu, H.S., Singh, U.P., Singh, N.K., Singh, R.G. & Sayre, K.D. 2015. *Conservation Agriculture for sustainable intensification of small farms*. Compendium of Invited Papers presented at the XII Agricultural Science Congress 3–6 February 2015, ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal, India. pp 15.

12. ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research). 2008. Permanent beds and rice-residue management for rice-wheat systems in the Indo-Gangetic Plain. In E. Humphreys & C.H. Roth eds. Proceedings of a workshop, Ludhiana, India, 7–9 September 2006. Canberra.

13. Aryal, J.P., Sapkota, T.B., Jat, M.L. & Bishnoi, D. 2015. On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: a case of north-west India. *Experimental Agriculture*, 51: 1–16., *Cambridge University Press* 2014. doi:10.1017/S001447971400012X.

14. IRRI. 2009. *Revitalizing the rice-wheat cropping systems of the Indo-Gangetic Plains: Adaptation and adoption of resource-conserving technologies in India, Bangladesh, and Nepal*. Final report submitted to the United States Agency for International Development. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute.

15. Jat, M.L. 2006. Land levelling: a precursor technology for resource conservation. *Rice-wheat consortium Technical Bulletin*, Series 7. New Delhi. Rice-wheat Consortium for the Indo-Gangetic plains.

16. Aryal, J., Bhatia, M., Jat, M.L. & Sidhu, H.S. 2014. Impacts of laser land leveling in rice-wheat rotations of the North-western Indo-Gangetic Plains of India. Paper presented at the World Congress of Environmental and Resource Economists, 28 June–2 July 2014, Istanbul, Turkey.

17. Hussain, I., Hassnain Shah, M., Khan, A., Akhtar, W., Majid, A. & Mujahid, M. 2012. Productivity in rice-wheat crop rotation of Punjab: an application of typical farm methodology. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, Vol. 25, No. 1, pp 1–11.

18. Singh, R., Erenstein, O., Gatdala, M., Alam, M., Regmi, A., Singh, U., Mujeeb ur

Rehman, H. & Tripathi, B. 2009. Socioeconomics of integrated crop and resource management technologies in the rice-wheat systems of South Asia: Site contrasts, adoption, and impact using village survey findings. In J. Ladha, Yadvinder-Singh, O. Erenstein & B. Hardy, eds. *Integrated crop and resource management in the rice-wheat system of South Asia*. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute.

19. Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2014. *Crop yields and global food security: Will yield increase continue to feed the world?* ACIAR Monograph No. 158. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research.

20. Yamano, T., Baruah, S., Sharma, R. & Kumar, A. 2013. *Factors affecting the adoption of direct-seeded rice in the northeastern Indo-Gangetic Plain*. CSISA Socioeconomics Policy Brief. New Delhi: International Rice Research Institute.

21. Gathala, M.K., Kumar, V., Sharma, P.C., Saharawat, Y.S., Jat, H.S., Singh, M., Kumar, A., Jat, M.L., Humphreys, E., Sharma, D.K., Sharma, S. & Ladha, J.K. 2013. Optimizing intensive cereal-based cropping systems addressing current and future drivers of agricultural change in the north-western Indo-Gangetic Plains of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 177: 85–97.

22. Sidhu, H.S., Singh, Manpreet, Yadvinder-Singh, Blackwell, J., Lohan, S.K., Humphreys, E., Jat, M.L., Singh, V. & Sarabjeet-Singh, 2015. Development and evaluation of the Turbo Happy Seeder for sowing wheat into heavy rice residues in NW India. *Field Crops Research*. In Press.

23. Sharma, P.C., Jat, H.S., Kumar, V., Gathala, M.K., Datta, A., Yaduvanshi, N.P.S., Choudhary, M., Sharma, S., Singh, L.K., Saharawat, Y., Yadav, A.K., Parwal, A., Sharma, D.K., Singh, G., Jat, M.L., Ladha, J.K. & McDonald, A. 2015. *Sustainable intensification opportunities under current and future cereal systems of North-West India*. Technical Bulletin: CSSRI/Karnal/2015/e. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India. 46pp.

24. Jat, M.L., Gupta, R.K., Erenstein, O. & Ortiz, R. 2006. Diversifying the intensive cereal cropping systems of the Indo-Ganges through horticulture. *Chronica Horticulturae* 46 (3), 27–31.

Традиционная система позволяет более производительно использовать землю

1. Cerrate, A. & Camarena, F. 1979. Evaluación de ocho variedades de maíz en sistema asociado con frijol en el Callejón de Huaylas, Perú. pp.151–155. *Informativo del Maíz*. Univ. Nac. Agraria. Numero Extraordinario, Vol. III, Lima, Perú.

2. Gordon, R., Franco, J., Gonzalez A. & de Garcia, N. 1997. Evaluación de variedades de Vigna (*Vigna unguiculata*) para asociación con el cultivo de maíz en Azuero, Panamá. pp.146–148. In J. Bolaños, ed. *Programa Regional de Maíz para Centro América y el*

Caribe, Síntesis de resultados experimentales 1993–1995, CIMMYT, PRM, Guatemala.

3. Francis, C.A. 1981. Development of plant genotypes for multiple cropping systems. In K.J. Frey, ed. *Plant Breeding II*. The Iowa State University Press, Ames. 497pp.

4. Laing, D.R. 1978. *Competencia en los sistemas de cultivos asociados de maíz-frijol*. pp.174–178. Proc. VIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. I Reunión Latinoamericana de Maíz, Lima, Perú.

5. Mathews, C., Jones, R.B. & Saxena, K.B. 2001. Maize and pigeonpea intercropping systems in Mpumulanga, South Africa. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 8:53.

6. Marer, S.B., Lingaraju, B.S. & Shashidhara, G.B. 2007. Productivity and economics of maize and pigeonpea intercropping under rainfed condition in northern transitional zone of Karnataka. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 20:1–3.

7. Ngwira, A., Aune, J. & Mkwinda, S. 2012. On-farm evaluation of yield and economic benefit of short term maize legume intercropping systems under conservation agriculture in Malawi. *Field Crops Research*, 132 (2012) 149–157

8. Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangarad, J. & Giller, K. 2012. Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research*, 136 (2012) 12–22.

9. Herrera, A.P., Gordon, R., Franco, J., Garcia, N., Martinez, L., Gonzalez, A. & Sain, G. 1993. Análisis económica de la aplicación de nitrógeno en maíz en rotación con leguminosas bajo dos tipos de labranza, Rio Hato, Panama, 1992–93. pp.167–169. In J. Bolaños, G. Sain, R. Urbina & H. Barreto, eds. *Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe, Síntesis de resultados Experimentales 1992*. CIMMYT, PRM, Guatemala.

10. Marinus, W. 2014. *Cowpea-maize relay cropping. A method for sustainable agricultural intensification in northern Ghana?* Plant production systems. Wageningen University. Wageningen, The Netherlands.

11. Ortiz-Ceballos, A., Aguirre-Rivera, J., Salgado-García, S. & Ortiz-Ceballos, G. 2015. Maize-velvet bean rotation in summer and winter *milpas*: a greener technology. *Agronomy Journal*, 107: 1: 330–336.

12. Mekuria, M., Kassie, M., Nyagumbo, I., Marenja, P. & Wegary, D. 2014. Sustainable intensification of maize-legume based systems: Lessons from SIMLESA. In B.M. Prasanna et al., eds. *Book of Extended Summaries, 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security*. Bangkok, Thailand, October 30 – November 1, 2014. CIMMYT, Mexico D.F. and APAARI, Bangkok, pp.379–386.

13. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Production (<http://faostat.fao.org>).

14. Sanginga, N., Dashiell K.E., Diels, J., Vanlauwe, B., Lyasse, O., Carsky, R.J., Tarawali, S., Asafo-Adjei, B., Menkir, A., Schulz, S., Singh, B.B., Keatinge, D. & Ortiz, R. 2003. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal-grain-legume-livestock system in the dry savanna. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 100: 305–314.

15. Landau, E. C., Cruz, J.C., Hirsch, A. & Guimaraes, D.P. 2012. Expansão potencial do plantio de 2a safra de milho no Brasil no sistema de rotação soja-milho considerando o zoneamento de risco climático. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 36pp.

16. Kerr, R. B., Snapp, S., Chirwa, M., Shumba, L. & Msachi, R. 2007. Participatory research on legume diversification with Malawian smallholder farmers for improved human nutrition and soil fertility. *Experimental Agriculture*, 43:437–453.

17. Thierfelder, C., Cheesman, S. & Rusinam-hodzi, L. 2012. Benefits and challenges of crop rotation in maize-based conservation agriculture (CA) cropping system of Southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*. DOI:10.1080/14735903.2012.703894:1–17.

Более богатый урожай с рисовых полей

1. Halwart M. 2013. Valuing aquatic biodiversity in agricultural landscapes. In J. Fanzo, D. Hunter, T. Borelli & F. Mattei, eds. *Diversifying food and diets – using agricultural biodiversity to improve nutrition and health*. Bioversity International, pp.88–108.

2. FAO. 2004. *Culture of fish in rice fields*. M. Halwart & M. Gupta, eds. Rome

3. FAO. 2014. *Aquatic biodiversity in rice-based ecosystems: Studies and reports from Indonesia, Lao PDR and the Philippines*. M. Halwart & D. Bartley, eds. The Asia Regional Rice Initiative: Aquaculture and fisheries in rice-based ecosystems. Rome.

4. FAO. 2014. *Aquaculture and fisheries in rice-based ecosystems*. The Asia Regional Rice Initiative factsheet. Rome.

5. FAO. 2007. Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in China. Miao, W.M. & Mengqing, L. 2007. In M. Hasan, T. Hecht & S. De Silva, eds. *Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development*. FAO Fisheries Technical Paper 497. Rome.

6. ФАО. 2012. *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2012*. Рим.

7. Suryana, A. *Regional Rice Initiative Implementation in Indonesia: Progress and lessons learned*. Presentation at a Side Event of the 149th Session of the FAO Council, Rome, 18 June 2014.

Где деревья и кустарники стоят дешевле удобрений

1. Garrity, D., Akinnifesi, F., Ajayi, O., Weldesemayat, S., Mowo, J., Kalinganire, A., Larwanou, M. & Bayala, J. 2010. Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security* (2010) 2:197–214.

2. Haggblade, S. & Tembo, G. 2003. *Early evidence on conservation farming in Zambia*. EPTD Discussion Paper 108. Washington DC: International Food Policy Research Institute.

3. Barnes R. & Fagg, C. 2003. *Faidherbia albida*. Monograph and Annotated Bibliography. Tropical Forestry Papers No 41, Oxford. Forestry Institute, Oxford, UK. 281pp.

4. Spevacek, A.M. 2011. *Acacia (Faidherbia) albida*. KSC Research Series. US Agency for International Development, New York. 15pp.

5. Shitumbanuma, V. 2012. *Analyses of crop trials under Faidherbia albida*. Conservation Farming Unit, Zambia National Farmers Union. Lusaka.

6. Phombeya, H. 1999. Nutrient sourcing and recycling by *Faidherbia albida* trees in Malawi. PhD Dissertation, Wye College, University of London. 219pp.

7. Ajayi, C., Akinnifesi, F., Sileshi, G., Kanjipite, W. 2009. Labour inputs and financial profitability of conventional and agroforestry-based soil fertility management practices in Zambia. *Agrekon* 48:246–292.

8. Adesina, A., Coulbaly, O., Manyong, V., Sanginga, P.C., Mbila, D., Chianu, J. & Kamleu, D.G. 1999. *Policy shifts and adoption of alley farming in West and Central Africa*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 21pp.

Фермеры прекращают вспашку казахстанских степей

1. CIMMYT. 2013. Water-saving techniques salvage wheat in drought-stricken Kazakhstan. In: *Wheat research, Asia*. 21 March 2013 (available at <http://www.cimmyt.org/en/what-we-do/wheat-research/item/water-saving-techniques-salvage-wheat-in-drought-stricken-kazakhstan>).

2. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Production (<http://faostat.fao.org>).

3. Nurbekov, A., Akramkhanov, A., Lamers, J., Kassam, A., Friedrich, T., Gupta, R., Muminjanov, H., Karabayev, M., Sydyk, D., Turok, J. & Malik Bekenov, M. 2014. Conservation agriculture in Central Asia. In R. Jat, K. Sahrawat & A. Kassam, eds. *Conservation agriculture: Global prospects and challenge*. CAB International.

4. Karabayev, M., Morgounov, A., Braun, H.-J., Wall, P., Sayre, K., Zelenskiy, Y., Zhapayev, R., Akhmetova, A., Dvurechenskii, V., Iskandarova, V., Friedrich, T., Fileccia, T., Guadagni, M. 2014. Effective Approaches to Wheat Improvement in Kazakhstan: Breeding and

Conservation Agriculture. *Journal of Bahri Dagdas Crop Research* (1–2):50–53, 2014.

5. FAO. 2012. *Conservation agriculture in Central Asia: Status, policy, institutional support, and strategic framework for its promotion*. FAO Sub-Regional Office for Central Asia. December 2012. Ankara.

6. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Trade (<http://faostat.fao.org>).

7. Karabayev, M. & Suleimenov, M. 2010. *Adoption of conservation agriculture in Kazakhstan*. In: Lead papers 4th World Congress on conservation agriculture: Innovations for improving efficiency, equity and environment. 4–7 February 2009. New Delhi.

8. Derpsch, R. & Friedrich, T. 2009. *Development and current status of no-till adoption in the world*. Rome, FAO.

9. FAO. 2009. *Importance of zero-tillage with high stubble to trap snow and increase wheat yields in Northern Kazakhstan*. FAO Investment Centre, June 2012. Rome.

10. FAO. 2012. *Advancement and impact of conservation agriculture/no-till technology adoption in Kazakhstan*. FAO Investment Centre information note. Rome.

11. Kienzler, K., Lamers, J., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., Ruzibaev, E. & Akramkhanov, A. 2012. Conservation agriculture in Central Asia – What do we know and where do we go from here? *Field Crops Research* 132 (2012) 95–105

12. Zhapayev, R., Iskandarova, K., Toderich, K., Paramonova, I., Al-Dakheel, A., Ismail, S., Pinnamaneni, S.R., Omarova, A., Nekrasova, N., Balpanov, D., Ten, O., Ramanculov, E., Zelenskiy, Y., Akhmetova, A. & Karabayev, M. 2015. Sweet sorghum genotypes testing in the high latitude rainfed steppes of the northern Kazakhstan (for feed and biofuel). *Journal of Environmental Science and Engineering B 4* (2015) 25–30. doi: 10.17265/2162-5263/2015.01.004.

13. Karabayev, M. 2012. *Conservation agriculture adoption in Kazakhstan*. A presentation made in WIPO Conference on Innovation and Climate Change, 11–12 July 2011. Geneva.

14. Lamers, J., Akramkhanov, A., Egamberdiev, A., Mossadegh-Manschadi, A., Tursunov, M., Martius, C., Gupta, R., Sayre, K., Eshchanov, R. & Kienzler, S. 2010. *Rationale for conservation agriculture under irrigated production in Central Asia: Lessons learned*. In: Lead papers 4th World Congress on conservation agriculture: Innovations for improving efficiency, equity and environment. 4–7 February 2009. New Delhi.

15. FAO. 2014. Conservation agriculture for irrigated areas in Azerbaijan, Kazakhstan, Turkmenistan and Uzbekistan. Project GCP/RRK/030/TUR Terminal report, Annex 4. Rome.

16. World Bank. *No-till: A climate smart agriculture solution for Kazakhstan*. Agricultural Competitiveness Project. 8 August 2013

(available at <http://www.worldbank.org/en/results/2013/08/08/no-till-climate-smart-agriculture-solution-for-kazakhstan>).

Гибриды помогают в адаптации к изменению климата

1. Timsina, J., Buresh, R.J., Dobermann, A. & Dixon, J. 2011. *Rice-maize systems in Asia: current situation and potential*. pp.7–26 and 161–171. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute and International Maize and Wheat Improvement Center. 232pp.
 2. FAO. 2015. FAOSTAT. Статистическая база в сетевом доступе: Production (<http://faostat.fao.org>).
 3. Ali, M.Y., Waddington, S.R., Hodson, D., Timsina, J. & Dixon, J. 2009. *Maize-rice cropping systems in Bangladesh: Status and research opportunities*. Working Paper, Mexico DF: CIMMYT.
 4. Gathala, M.K., Timsina, J., Islam, Md. S., Rahman, Md. M., Hossain, Md. I., Harun-Ar-Rashid, Md., Ghosh, A.K., Krupnik, T. J., Tiwari, T.P. & McDonald, A. 2014. Conservation agriculture based tillage and crop establishment options can maintain farmers' yields and increase profits in South Asia's rice-maize systems: Evidence from Bangladesh. *Field Crops Research*, 172: 85–98.
 5. Borlaug Institute for South Asia. 2015. *Major Accomplishments 2012–2014*. BISA Report Series 1. New Delhi, India. 38pp.
 6. Hasan, M.M., Waddington, S.R., Haque, M.E., Khatun F. & Akteruzzaman, M. 2007. Contribution of whole family training to increased production of maize in Bangladesh. *Progressive Agriculture (Bangladesh)* 18(1): 267–281.
 7. CIMMYT. 2009. *Maize motorizes the economy in Bangladesh*. CIMMYT E-News, Vol. 6 No. 5, August 2009 (available at <http://www.cimmyt.org/en/what-we-do/socioeconomics/item/maize-motorizes-the-economy-in-bangladesh>).
 8. CIMMYT. 2009. *Don't put all your eggs in one basket: Bangladesh tries maize cropping for feed*. CIMMYT E-News, Vol. 6 No. 2, February 2009 (available at <http://www.cimmyt.org/en/what-we-do/socioeconomics/item/dont-put-all-your-eggs-in-one-basket-bangladesh-tries-maize-cropping-for-feed>).
- #### Глава 4. Дальнейшие шаги
1. FAO, МФСР и ВПП. 2015. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2015. На пути к достижению намеченных на 2015 год международных целей области борьбы с голодом: обзор неравномерных результатов*. Рим.
 2. FAO. 2010. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2010. Решение проблемы отсутствия продовольственной безопасности в условиях затяжных кризисов*. Рим.
 3. FAO. 2011. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SO-LAW) – Managing systems at risk*. FAO, Rome and Earthscan, London.
 4. Viala, E. 2008. Water for food, water for life a comprehensive assessment of water management in agriculture. *Irrigation and Drainage Systems*, 22(1), 127–129.
 5. FAO. 2011. *Сохранить и Приумножить. Руководство для политиков по устойчивой интенсификации растениеводства в мелких хозяйствах*. Рим.
 6. IFAD. 2010. *Rural Poverty Report 2011. New realities, new challenges: New opportunities for tomorrow's generation*. Rome.
 7. FAO. 2012. *Towards the future we want. End hunger and make the transition to sustainable agricultural and food systems*. Rome.
 8. FAO. 2014. *Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches*. Rome.
 9. Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S. & Cattaneo, A. 2014. Adoption and intensity of adoption of conservation farming practices in Zambia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 187, (2014) pp.72–86.
 10. FAO. 2014. *Climate variability, adaptation strategies and food security in Malawi*, by Asfaw, S., McCarthy, N., Lipper, L., Arslan, A., Cattaneo, A. & Kachulu, M. ESA Working Paper No. 14–08. Rome.
 11. UNEP (United Nations Environmental Programme). 2014. *A guidance manual for green economy policy assessment*. UNEP.
 12. FAO. 2012. *Improving food systems for sustainable diets in a green economy*. FAO GEA Rio+20 Working Paper 4. Rome.
 13. FAO. 2014. *Meeting farmers' aspirations in the context of green development*. Regional Conference for Asia and the Pacific, Thirty-second session. Ulaanbaatar, Mongolia, 10–14 March 2014. Rome.
 14. FAO. 2015. *Smallholder productivity under climatic variability: Adoption and impact of widely promoted agricultural practices in Tanzania*, by Arslan, A., Belotti, F. & Lipper, L. Rome.
 15. FAO. 2011. *Climate-smart agriculture: smallholder adoption and implications for climate change adaptation and mitigation*, by McCarthy, N., Lipper, L. & Branca, G. FAO Working Paper, Mitigation of Climate Change in Agriculture (MCCA) Series 4, Rome.
 16. ГЭВУ (Группа экспертов высокого уровня по вопросам продовольственной безопасности и питания). 2013. *Инвестирование в мелкомасштабное сельское хозяйство в интересах продовольственной безопасности*. FAO. Рим.
 17. FAO. 2012. *Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства – 2012: 1 Инвестирование в сельское хозяйство ради улучшения будущего*. Рим.
 18. FAO. 2014. *Institutional procurement of staples from smallholders. The case of purchase for progress in Kenya*. Rome.
 19. ГЭВУ. 2012. *Социальная защита как средство обеспечения продовольственной безопасности*. FAO. Рим.
 20. FAO. 2013. *Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2013: Множественные проявления продовольственной безопасности*. Рим.
 21. FAO. 2015. *An in-depth review of the evolution of integrated public policies to strengthen family farms in Brazil*, by Del Grossi, M.E. & Vicente, P.M. de Azevedo Marques. ESA Working Paper No. 15–01. Rome.
 22. Комитет по всемирной продовольственной безопасности. 2015. *Принципы ответственного инвестирования в агропродовольственные системы*. FAO. Рим.
 23. ГЭВУ. 2011. *Землеведение и международные инвестиции в сельское хозяйство*. Доклад ГЭВУ 2. FAO. Рим.
 24. FAO. 2012. *Добровольные руководящие принципы ответственного регулирования вопросов владения и пользования земельными, рыбными и лесными ресурсами в контексте национальной продовольственной безопасности*. Рим.
 25. FAO, IFAD, UNCTAD & World Bank. 2010. *Principles for responsible agricultural investment that respects rights, livelihoods and resources. Extended version*. Discussion note. (available at http://siteresources.worldbank.org/INTARD/214574-1111138388661/22453321/Principles_Extended.pdf).
 26. FAO. 2014. *Developing sustainable food value chains – Guiding principles*. Rome.
 27. FAO. 2015. *The rice value chain in Tanzania. A report from the Southern Highlands Food Systems Programme*. Rome.
 28. Demont, M. & Ndour, M. 2015. Upgrading rice value chains: Experimental evidence from 11 African markets. *Global Food Security*, Vol. 5, June 2015, pp.70–76.
 29. Pardey, P., Alston, J. & Chan-Kang, C. 2013. *Public agricultural R&D over the past*

half century: an emerging new world order. *Agricultural Economics* 44(1): 103–113.

30. Marslen, T. 2014. *Declining Research and Development Investment: A Risk for Australian Agricultural Productivity. Strategic Analysis Paper.* Dalkeith (Australia), Future Directions International.

31. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2015. Integrated Pest Management for Sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 2015, 6(1), 152–182.

32. Casão Junior, R., de Araújo, A.G. & Fuentes-Llanillo, R. 2012. *No-till agriculture in southern Brazil: Factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming.* Londrina, Brazil. IAPAR and Rome, FAO.

33. Friedrich, T., Derpsch, R. & Kassam, A. 2012. Global overview of the spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports Special Issue (Reconciling Poverty Alleviation and Protection of the Environment)*, 6: 1–7.

34. Sims, B.G., Thierfelder, C., Kienzle, J., Friedrich, T. & Kassam, A. 2012. Development of the Conservation Agriculture Equipment Industry in Sub-Saharan Africa. *Applied Engineering in Agriculture* 28(6):1–11.

35. FAO. 2013. Mechanization for rural development: a review of patterns and prog-

ress from around the world. *Integrated crop management*, Vol. 20–2013. Rome.

36. Mrema G., Soni, P. & Rolle, R. 2014. *A regional strategy for sustainable agricultural mechanization.* FAO. Bangkok.

37. Ortiz, R. 2013. Marker-aided breeding revolutionizes 21st century crop improvement. In G.K. Agrawal & R. Rakwal, eds. *Seed development: OMICS technologies toward improvement of seed quality and crop yield.* Springer, New York. pp.435–452.

38. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R. & Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671–677. doi:10.1038/nature01014.

39. Bindraban, P.S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A. & Rabbinge, R. 2015. Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*. DOI: 10.1007/s00374-015-1039-7.

40. Tangtrakulwanich, K., Reddy, G., Wu, S., Miller, J.H., Ophus, V.L. & Prewett, J. 2014. Efficacy of entomopathogenic fungi and nematodes, and low risk insecticides against wheat stem sawfly. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 6, No. 5, May 2014.

41. FAO & World Bank. 2010. *FAO/World Bank workshop on reducing post-harvest losses in*

grain supply chains in Africa, FAO Headquarters, 18–19 March 2010 - Lessons learned and practical guidelines. Rome.

42. FAO. 2012. *Greening the economy with climate-smart agriculture.* Rome.

43. FAO. 2014. *Appropriate seed and grain storage systems for small-scale farmers: key practices for DRR implementers.* Rome.

44. Buresh, R.J., & Wopereis, M. 2014. *Save and Grow: Rice.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. FAO. (mimeo).

45. FAO. 2003. *World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective.* J. Bruinsma, ed. London. Earthscan.

46. Pretty, J.N. 2003. Social capital and the collective management of resources. *Science* 302, 1912 (2003). DOI: 10.1126/science.1090847.

47. FAO. 2013. *Draft guide for national seed policy formulation.* Report to the Fourteenth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, 15–19 April 2013.

48. Solh, M., Braun, H.-J. & Tadesse, W. 2014. *Save and Grow: Wheat.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rabat, ICARDA. (mimeo).

Сокращения

га	гектар	МНИИР	Международный научно-исследовательский институт риса	СУПРУМУ	система управления питанием растений с учетом местных условий
ГАЗЗ	Глобальные агроэкологические зоны	МФСР	Международный фонд сельскохозяйственного развития	США	Соединенные Штаты Америки
ИКАР	Индийский совет по сельскохозяйственным исследованиям	НИОКР	научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы	ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
ИКАРДА	Международный центр сельскохозяйственных исследований в засушливых районах	НПО	неправительственная организация	ЮНКТАД	Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию
ИКРИСАТ	Международный научно-исследовательский институт по изучению культур полуаридных тропических зон	Нерика	Новый рис для Африки	BISA	Институт Борлоуга для Южной Азии
КБВ	комплексная борьба с вредителями	ОГО	организация гражданского общества	СИАТ	Международный центр по сельскому хозяйству в тропических зонах
КГМСХИ	Консультативная группа по международным сельскохозяйственным исследованиям	ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития	DMC	прямой посев через мульчу
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии	ПОУ	почвенный органический углерод	ICIPE	Международный центр физиологии и экологии насекомых
МДГРПСХ	Международный договор о генетических ресурсах растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства	ПУО	поочередное увлажнение и осушение	IWMI	Международный институт управления водными ресурсами
МИПСА	Международный институт прикладного системного анализа	РЗ	ресурсосберегающее земледелие	UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
		СИММИТ	Международный центр по улучшению сортов кукурузы и пшеницы	QSMAS	Квезунгвальская подсеčno-мульчирующая агролесоводческая система
		СИР	Система интенсификации рисоводства		

Глоссарий

Абиотический стресс негативное воздействие факторов, не имеющих биологической природы (например, экстремальных температур).

Биологическая фиксация азота преобразование атмосферного азота (например, бактериями в корневых клубеньках бобовых) в усвояемую растением форму.

Биомасса биологический материал, получаемый от живых организмов, обычно не используемых в качестве пищи или кормов.

Биотический стресс негативное воздействие факторов живой природы (например, насекомых).

Бобовые культуры растения семейства бобовых (Fabaceae, или Leguminosae).

Взмучивание (в рисоводстве) культивация затопленной почвы в целях создания грязевого слоя перед высаживанием семян.

Выращивание сменных культур посадка второй культуры на поле, с которого еще не убран первый урожай.

Гребни почва, сформированная в виде гряд или рядов примерно от 50 см до 2,5 м в ширину, любой длины и от 15 см в высоту.

Закись азота один из основных парниковых газов, образующийся в основном в обрабатываемой почве в связи с чрезмерным применением минеральных удобрений.

Запашная (покровная) культура культура, выращиваемая в период парования для защиты почвы, восстановления питательных веществ и как средство борьбы с сорняками.

Затопляемое (чековое) рисоводство выращивание риса на полях, которые заливают водой, затем проводят взмучивание придонного слоя и поддерживают затопленное состояние почвы до созревания урожая.

Зеленое удобрение (сидерат) растения (например, трава), остатки которых используют в качестве мульчи.

Зернобобовые (зерновые бобовые) культуры бобовые (например, фасоль), семена которых применяются в пищу.

Комплексная борьба с вредителями (КБВ) стратегия борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, основанная на минимальном использовании химических веществ.

Лазерное выравнивание земли устранение неровностей рельефа почвы с помощью лазерного передатчика и приемника, установленных на тракторе с планировочным ножом.

Минеральное удобрение удобрение, произведенное посредством химических и промышленных процессов.

Монокultura выращивание одной культуры на той же земле год за годом с использованием агрохимикатов для борьбы с вредителями и в качестве удобрений.

Мульча слой органического субстрата (например, растительных остатков), используемый для покрытия почвы в целях сохранения влаги, подавления роста сорняков и воспроизводства питательных веществ в почве.

Нулевая обработка почвы практика ресурсосберегающего земледелия, основанная на применении рядового посева без предварительной культивации почвы.

Органические вещества почвы любой органический субстрат, обнаруживаемый в почве.

Пар (парование) стадия севооборота, при которой земля намеренно не используется для выращивания урожая.

Постоянные гребни гребни, на которых проводится рядовой посев с заделкой семян через слой мульчи, состоящей из растительных остатков.

Продуктивность воды объем или стоимость продукции в сопоставлении с объемом или стоимостью затраченной или отведенной воды.

Прямой посев высеивание семян без предварительной вспашки или рыхления семенного ложа.

Растительные (пожнивные) остатки части растений, остающиеся после сбора урожая.

Ресурсосберегающее земледелие рациональное использование почвы, обеспечивающее защиту ее структуры и состава, а также почвенного биоразнообразия за счет минимального повреждения почвы, обеспечения постоянного покрова и чередования культур.

Рядовая сеялка машина, используемая в ресурсосберегающем земледелии, предназначенная для заделки семян в толщу почвы на равном расстоянии и надлежащую глубину.

Рядовой посев высеивание семян в рядах с оптимальным расстоянием и глубиной с помощью рядовой сеялки.

Совмещение культур одновременное выращивание двух или более культур на одном поле.

“Сохранить и приумножить” предложенная ФАО модель устойчивой интенсификации растениеводства.

Структура почвы взаиморасположение отдельных частиц песка, ила и глины в составе почвы.

Сухой посев высеивание семян в сухую почву.

Устойчивая интенсификация обеспечение максимального объема первичного производства на единицу вводимых ресурсов без ущерба для способности системы поддерживать свой производственный потенциал.

Устойчивая интенсификация растениеводства экосистемный метод ведения сельского хозяйства, позволяющий получать более высокие урожаи с единицы земельных угодий при сохранении природных ресурсов и укреплении экосистемных услуг.

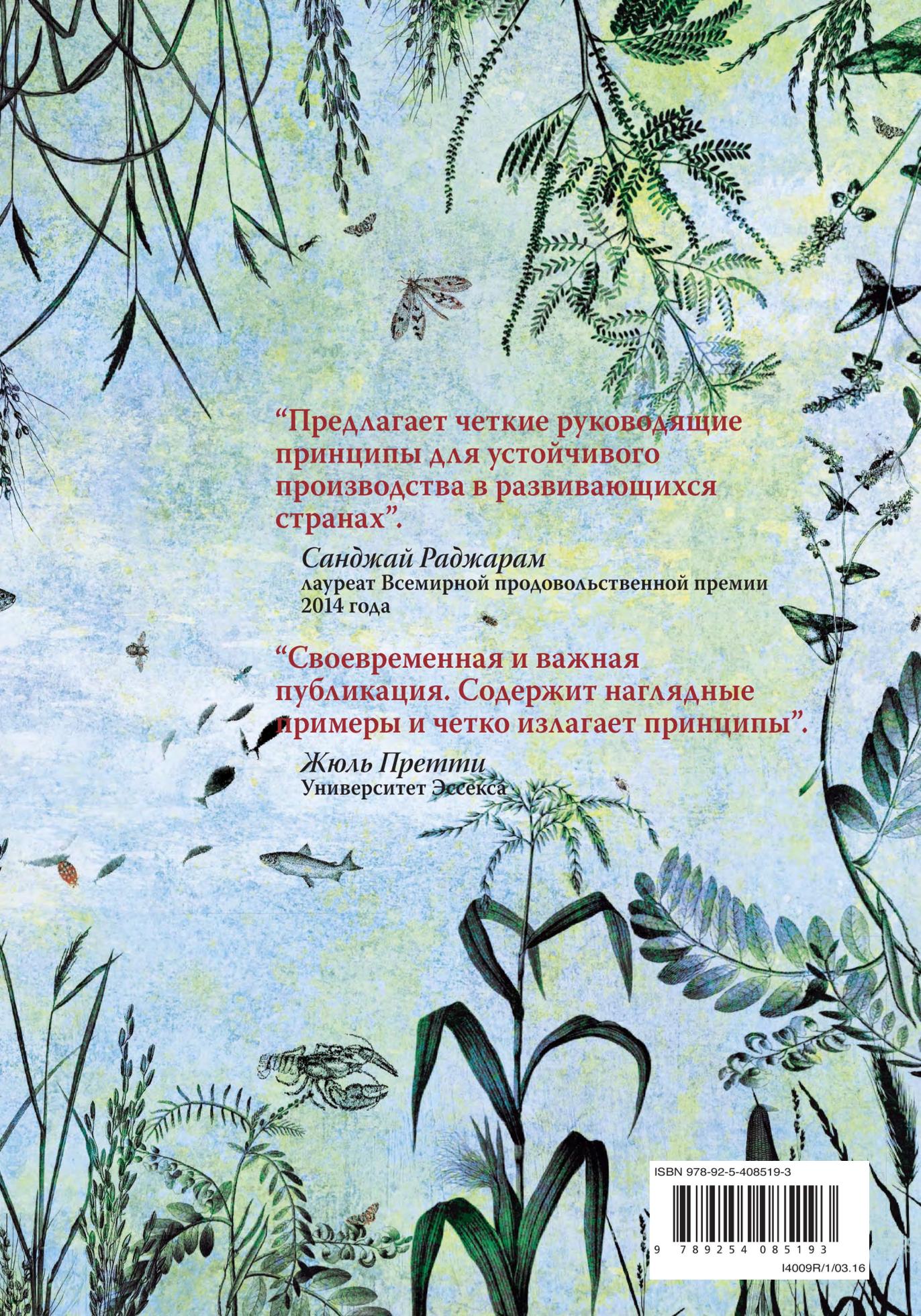
Фермерская полевая школа форма группового обучения приемам экосистемной практики, направленным на сокращение использования пестицидов и получение более устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Фуражные (кормовые) бобовые культуры травянистые или древесные бобовые культуры, листья и стебли которых используют в качестве пастбищного корма или для силосования.

Чередование культур (севооборот) чередование различных видов или семейств сельскохозяйственных культур на одном и том же поле.

Экосистемные услуги полезные эффекты экосистем, поддерживающих жизнь.

Эффективность использования воды отношение объема воды, использованной в метаболизме растений, к объему воды, ушедшей в атмосферу.



“Предлагает четкие руководящие принципы для устойчивого производства в развивающихся странах”.

Санджай Раджарам
лауреат Всемирной продовольственной премии
2014 года

“Своевременная и важная публикация. Содержит наглядные примеры и четко излагает принципы”.

Жюль Претти
Университет Эссекса

ISBN 978-92-5-408519-3



9 789254 085193

14009R/1/03.16