

Медоуз Д., Рандрес Й., Медоуз Денис. Пределы роста. М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. С. 341.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. С.340.

Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.–Л.: Наука, 1965. 254 с.

Рыюз М. Философия биологии / Общ. ред. И.И.Фролова. М.: Прогресс, 1977. 316 с.

Снакин В.В. Биогенный круговорот химических элементов и подходы к его изучению // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. М.: Наука, 1987. С. 50–56.

Соколов И.А. Почвообразование и экзогенез. М.: РАСХН, 1997. С. 243.

Тимофеев-Ресовский Н.В. Избр. труды: Генетика. Эволюция. Биосфера. М., 1996. 478 с.

Тюрюканов А.Н. Избранные труды. М.: РЭФИА, 2001. 308 с.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 326 с.

Фокин А.Д. Влияние радиологии на развитие почвоведения, агрохимии и экологии // XXXVI Радиологические чтения, посвященные действительному члену ВАСХНИЛ В.М. Ключковскому. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2009. С. 10–54.

Храмов А.А. О терминах и понятиях системы продуктивности // Растительные ресурсы. 1970. Т. VI, вып. 1. С. 119–127.

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ, УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ И ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВО БИОТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Г.А. Булаткин, д.б.н.

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пуцзино

Продуктивность агроэкосистем во многом определяется содержанием гумуса в почвах. Воспроизводство плодородия почв – важнейшее условие стабильного агропроизводства. Традиционно одним из основных приёмов обеспечения почв органическим веществом в земледелии является применение органических удобрений в виде навоза, компостов, соломы и т.д.

Человеческое общество может развиваться, только используя ресурсы окружающей среды, которые, как теперь стали понимать, не безграничны и насущной задачей является их возобновление и рациональное использование. Современная цивилизация основана на использовании солнечной энергии, запасённой зелёными растениями древних биосфер и содержащейся в погребённом органическом веществе в виде каменного угля, нефти и газа, горючих сланцев и других не возобновляемых источниках энергии.

Однако легко доступные ресурсы энергоносителей на Земле быстро истощаются и по некоторым прогнозам к 2030 г. стоимость добычи ископаемых видов топлива и стоимость энергии, которую бу-

дут производить из них, сравниваются, и ископаемые топлива просто станут экономически невыгодными. Данные о потреблении различных источников энергии в мире подтверждают, что доля ископаемого топлива в мировом энергопотреблении составляет 80–81 % общего энергопотребления, атомной энергии – около 6 % и возобновляемых источников энергии – 12–14 %, а за вычетом доли крупных ГЭС – около 11 % (<http://baltfriends.ru/node/?q=node>).

Наши исследования показали, что для поддержания и увеличения плодородия почв агроэкосистем необходимы вложения значительных энергетических ресурсов (Булаткин, 2008). Поскольку в научной литературе имеются разночтения в понятии “агроэкосистема”, приводим наше определение этого природно-антропогенного объекта. Агроэкосистема – это пространственно ограниченная, искусственно созданная, нестабильная, взаимосвязанная совокупность биотических и частично изменённых абиотических компонент, характерной особенностью которой является относительно устойчивое функционирование во времени при наличии входящего потока антропогенной энергии и существующая для получения заранее определённого количества растительной сельскохозяйственной продукции.

Граница агроэкосистемы определяется границами одновидового или многовидового посева на сельскохозяйственном поле или рабочем участке. Совокупность агроэкосистем можно назвать агросферой.

Функционирование агроэкосистемы определяется степенью замкнутости потоков и интенсивностью круговорота веществ и сбалансированностью потоков энергии, и в итоге – состоянием почв. По определению выдающегося русского учёного-натуралиста профессора А.Н. Тюрюканова (2001), почвы – супербазис человечества, основное богатство, предоставленное человечеству природой, основной природный ресурс его существования и развития.

Как справедливо считал А.Н. Тюрюканов, “Глобальные экологические, экономические, сырьевые проблемы, проблемы качества питания приводят к однозначному выводу: нужно всемерно увеличивать вклад современной, ныне существующей биосферы в производительную деятельность человечества. Этого можно добиться лишь единственным путём – наращиванием производительной силы почвенного и зелёного покровов, восстановлением и усилением их мощности...”

Одним из главных приёмов повышения продуктивности посевов является расширенное воспроизводство содержания гумуса в почвах, которое требует больших ресурсов органического вещества и использования технической энергии. Приходная часть гумусового баланса складывается в основном за счёт гумификации растительных

остатков и вносимых органических удобрений. Однако в отличие от природных растительных экосистем, в агроэкосистемах происходит более интенсивные потери гумуса как за счёт его окисления, так и из-за эрозионных процессов. К тому же с полей идёт систематическое отчуждение биомассы в форме урожая. Поэтому устойчивость продуктивности агросферы требует систематического поступления в почвы органического вещества для поддержания оптимальной энергетике (Снакин, 2000) составляющих её агроэкосистем.

В настоящее время во многих странах делаются интенсивные попытки получения жидкого топлива из продукции растениеводства. налажено производство этанола и бутанола как экологически чистых добавок к углеводородному топливу в целях получения смеси, которую называют биотопливом. В качестве сырья в первую очередь предлагаются зерно, корнеплоды сахарной свёклы, клубни картофеля, сахарный тростник.

Засуха 2010 г. в России и других странах, наводнения на больших территориях земного шара и в результате – явная нехватка продовольствия показали, что производство биотоплива из продовольственного сырья в больших масштабах вряд ли перспективно, за исключением возможно Бразилии в связи со спецификой климата, благоприятного для выращивания сахарного тростника и особенностями биологии этой культуры.

Основными источниками сырья для получения биотоплива может быть побочная продукция растениеводства и деревопереработки, торф и в будущем древесина энергетических лесов, биомасса мискантуса и т.д.

В ИФПБ РАН разрабатываются альтернативные сценарии развития производства биотоплива из растительного сырья для условий России, в основу которых положен эколого-энергетический подход к анализу природно-антропогенных комплексов.

В расчётах оцениваются допустимое изъятие растительного сырья агросферы для промышленной переработки в биотопливо, запасы деловой древесины, потребность и возможные объёмы производства возобновляемой энергии в настоящем, ближайшем будущем и в перспективе.

Исходными переменными величинами являются урожайность зерновых культур, площади их посева, изменение поголовья крупного рогатого скота, динамика посевных площадей, уровень плодородия пахотных почв, объёмы переработанной древесины, количество автомобильного транспорта.

В настоящее время разработаны методики, выявлены закономер-

ности формирования затрат технической энергии на производство биотоплива в цепи “поле–завод”, оценена возможность отчуждения органического вещества из агросферы. Показаны также возможные размеры производства биоэтанола из отходов растениеводства и деревопереработки в настоящее время, на 2020 г. и поступление дополнительной энергии в топливно-энергетический баланс страны в эти сроки.

Проблема производства возобновляемой энергии из растительного сырья многопланова и противоречива. При производстве альтернативного топлива, в первую очередь, должна ставиться задача получения дополнительной энергии, т.е. энергии сверх затрат технической энергии на получение энергоносителя.

В связи с этим для оценки эффективности производства возобновляемой энергии мы предложили применять коэффициент *абсолютной энергетической эффективности*, показывающий соотношение содержащейся в синтезированном из растительной биомассы топливе энергии с затраченными на его производство ресурсами технической энергии.

Если в конечном объёме, например, жидкого органического топлива содержится энергии меньше, чем затрачено технической энергии на его получение на всех этапах производства, процесс *абсолютно энергетически* не эффективен и получение данного энергоносителя в больших масштабах не целесообразно. При энергетическом анализе необходимо учитывать также экономию технической энергии на транспортировку углеводородного топлива в отдалённые районы или неудобно расположенные для подвоза места, где планируется производство и применение альтернативного энергоносителя.

Однако производство биоэнергии с нулевым или отрицательным балансом возможно, если при её использовании достигается положительный экологический эффект в местах потребления “чистой” энергии.

По нашему мнению, в России одной из приоритетных целей применения биотоплива должно являться улучшение экологической ситуации в загрязнённых выбросами автотранспорта крупных городах и промышленных агломерациях.

В нашей стране на долю автотранспорта приходится 90 % общего объёма вредных веществ, поступающих в атмосферу от всех видов транспорта. По величине автовыбросов резко отличается г. Москва – более 800 тыс. т в год.

В остальных 9 крупных городах России этот показатель также высокий и находится в пределах 100–200 тыс. т в год.

Одним из предполагаемых источников сырья для биотоплива могут служить солома зерновых культур и их пожнивные остатки.

Мы оценили основные затраты технической энергии при выращивании, уборке соломы зерновых культур и транспортировке тюков до ворот биоцеха, а также возможность и ограниченность производства биотоплива из соломы на примере Московского региона и России в целом.

Энергозатраты на солому при выращивании зерновых культур в поле определялись через учёт расхода технической энергии на производство и внесение удобрений, соответствующих содержанию NPK в урожае соломы. При этом коэффициент потребления азота минеральных удобрений был принят 0,6. Рассчитанный по такой методике расход энергии на получение 1 т соломы при выращивании озимой пшеницы составил около 190 МДж/т.

Урожайность зерновых культур оказывает существенное влияние на энергозатраты при уборке соломы: с увеличением продуктивности они резко падают в расчёте на 1 т соломы (Булаткин, 2010).

Подбор тюков после прессования – энергоёмкая операция, зависящая как от урожайности соломы, так и от расстояния переезда к месту штабелевания. Сельскохозяйственная техника по уборке соломы зерновых культур может быть различных марок, но закономерности связи урожайности с затратами технической энергии на 1 т соломы останутся аналогичными установленным.

Вышеприведённый анализ рассматривает только одну, энергетическую, сторону проблемы производства биотоплива из соломы. Однако в зависимости от площади посевных площадей зерновых культур, численности скота в регионе, интенсивности внесения органических удобрений, количества автотранспорта, а также взгляда на перспективу сохранения почвенного плодородия выводы о возможности переработки соломы в автомобильный этанол или биобутанол могут быть диаметрально противоположными.

Например, на первом этапе внедрения биоэтанола в Москве он может использоваться в качестве 5 % добавки к бензину, так как пятипроцентная добавка не требует изменения двигателя автомобилей. Такая добавка при ежедневном потреблении бензина в 10000 т потребует 182,5 тыс. т биоэтанола в год.

В Московской области посевы зерновых культур занимали в 2008 г. 97,8 тыс. га. При этом получено в хозяйствах всех категорий более 285,2 тыс. т соломы. Солома яровых зерновых культур является хорошим кормом и обычно полностью используется в животноводстве. Поэтому для производства биоэтанола остаётся солома озимых зерновых. Посевы озимой пшеницы и ржи занимали в Подмоскovie 42,5 тыс. га; их урожайность составила 3,0 т/га и 3,2 т/га, соответственно.

При соотношении зерна к соломе 1:1 сбор соломы озимых в Подмоскovie достигает 127,2 тыс. т. Часть соломы озимых культур применяется на подстилку крупному рогатому скоту (КРС). На 1 января 2009 г. в области содержалось 316 тыс. голов КРС, в том числе 148,1 тыс. голов коров (www.msh.mosreg.ru). При норме подстилки в 0,5 т/голову в стойловый период для всего поголовья требуется 158 тыс. т соломы. В итоге не предназначенной животноводству соломы не остаётся. Однако в силу ряда организационных и экономических причин солому для подстилки в настоящее время обычно заменяют на древесные опилки. Значительная часть соломы после уборки зерновых культур сжигается на поле.

Важно иметь в виду, что изъятие побочной растительной сельскохозяйственной продукции из агросферы имеет свои большие отрицательные агроэкологические последствия, связанные с поддержанием плодородия почв, и, в первую очередь, с воспроизводством гумуса в почвах.

В последние 15 лет в Российской Федерации резко сократилось поголовье КРС – основного источника органического удобрения в сельском хозяйстве – навоза, что сказалось на воспроизводстве почвенного плодородия.

Известно, что в Московской области в период 1986–1990 гг. органические удобрения вносились по 11,4 т/га ежегодно. В начальный период химизации (1966–1970) пахотные почвы Подмоскovie имели довольно низкое содержание гумуса (около 1,81 %). В годы интенсивной химизации земледелия и систематического внесения органических удобрений в повышенных дозах (1971–1993) плодородие почв существенно возросло, о чём свидетельствует увеличение среднего содержания гумуса в пахотном слое почвы до 2,38 %. Затем постепенно применение навоза стало уменьшаться и в 2004 г составило только 2,0 т/га (Никитишен и др., 2007). Из-за дефицита навоза в земледелии солома зерновых в настоящее время может являться главным источником пополнения пахотных почв органическим веществом, необходимого для поддержания содержания гумуса. Это важно для сохранения плодородия почв положение следует иметь в виду при изъятии соломы с полей. Например, на выщелоченном чернозёме систематическая заплата соломы в почву позволила стабилизировать гумусное состояние почвы, в то время как при традиционной технологии использования соломы, когда солома удаляется с поля, происходит постепенное снижение его запасов (Брагин и др., 2010).

Поэтому неиспользованную в животноводстве солому следует вносить в первую очередь в почву для пополнения содержания гу-

муса. Из 1 т соломы в почве может образоваться около 250 кг гумуса. Внесение органических остатков значительно уменьшает темпы сокращения гумусности почв (Коновалов и др., 2009).

В настоящее время во многих странах мира около 75 % вегетативной массы возделываемых растений оставляют на полях, обеспечивая, таким образом, не только повышение содержания гумуса в почве, но и предотвращая ветровую и водную эрозию (Жученко, 2008).

С каждой тонной запаханной соломы в почву поступает более 20 кг/га питательных веществ, в том числе 6–7 кг/га азота. Кроме того, почвенные бактерии, используя запаханную солому в качестве источника энергии, дополнительно к этому повысят в почве содержание азота на такое же количество за счёт фиксации атмосферного азота. В результате накопившегося от запахивания 5–6 т/га соломы азота хватит на образование 3–4 ц/га зерна пшеницы или ячменя.

Некоторые землепользователи считают измельчение соломы при уборке урожая зерновых нерациональными затратами. Но такое суждение необъективно. Исходя из стоимости питательных веществ в минеральных удобрениях, расходов на их доставку и внесение в почву, показано, что стоимость питательных веществ, содержащихся в побочной продукции зерновых на площади 600–700 га, равна цене зернового комбайна с измельчителем (Коновалов и др., 2009).

В связи с планами использования соломы на производство жидкого биотоплива требуется найти альтернативные ресурсы органических веществ для восстановления плодородия почв. Данное противоречие интересов земледелия и оздоровления экологической ситуации в крупных городах с успехом может быть разрешено посевом сидеральных культур, то есть культур, выращиваемых с целью внесения их надземной биомассы в качестве органического удобрения. Сидерацию следует считать дешёвым резервом поступления в почву органического вещества и средством для активной борьбы с водной эрозией почв, улучшения их структуры, общеземельских и водных свойств.

Сидераты можно высевать в виде промежуточных культур (посевов после уборки основной культуры). В виде занятого пара перед посевом озимых зерновых сидераты энергетически эффективны, особенно на отдалённых от животноводческих комплексов полях (таблица).

Положительное последствие занятого пара прослеживается в течение нескольких лет. Зелёные удобрения способствуют скреплению почвенных частиц и формированию почвенных отдельностей, что благоприятно влияет на урожай. На чернозёмах Предуралья в шестипольном зерно-паропропашном севообороте при использовании си-

Сравнительная эффективность влияния чистого пара на урожай озимой пшеницы на чернозёмах Курской области

Вид пара	Урожай зерна, ц/га*	Прибавка урожая зерна, ц/га	Затраты антропогенной энергии на органические удобрения, МДж	
			на 1 га	на 1 ц прибавки урожая зерна
Чистый	43,8	–	–	–
Чистый+30 т/га навоза	50,7	6,9	11758	1704
Люпиновый	49,7	5,9	3328	564
Донниковый	48,9	5,1	2282	447

*Стифеев и др., 2002

дерального донникового пара содержание гумуса в почве под всеми культурами увеличивалось. Вместе с тем иногда многолетние и однолетние травы приводят к иссушению почв. Например, в отдельные засушливые годы в Предуралье запасы продуктивной влаги в почве чернозёмов к моменту заделки сидератов достигали критических значений. Поэтому в засушливые годы по сидеральным парам в условиях Предуралья и аналогичных по погодным условиям территорий высевать озимые культуры не рекомендуется (Серета и др., 2010).

Важным приёмом биологизации земледелия и сохранения содержания гумуса в почвах в условиях интенсивного земледелия является использование в качестве сидератов посевов промежуточных культур, позволяющих получать зелёное удобрение без уменьшения посевов основных культур. Пожнивное и укосное зелёное удобрение возделывается после уборки основной культуры, например, после уборки озимой пшеницы или озимой ржи, раннего картофеля, однолетних трав и озимой ржи на зелёный корм, гороха, а в южных районах – даже после уборки ячменя. В этом случае используются культуры с коротким вегетационным периодом, те, которые быстро набирают вегетативную массу и не требуют много тепла. Выращивание пожнивных культур приближает агроэкосистемы к естественным травяным экосистемам, при этом запас подвижных химических элементов удерживается в корнеобитаемом слое на биологическом геохимическом барьере. Наши полевые исследования на серых лесных почвах показали, что пожнивные посевы горчицы белой после уборки озимой пшеницы значительно уменьшают содержание минеральных форм азота в почве осенью. Концентрация азота в надземной фитомассе горчицы к концу её вегетации составила 1,97–3,20 %

в пересчёте на воздушно-сухое вещество и закономерно увеличивалось от 1,97 % на варианте без удобрений до 2,73–3,20 % в вариантах с интенсивной предыдущей удобренностью. Затраты технической энергии на возделывание горчицы составили около 793 МДж/га. В то же время в агроландшафте происходит экономия энергоресурсов в связи с отсутствием работ по внесению органических удобрений на восстановление эрозионных потерь гумуса. Величина этой экономии достигает 1805 МДж/га. К тому же поступление органического вещества надземной и подземной части сидератов способствует стабилизации содержания гумуса в почве и увеличению урожайности последующих культур.

В целом крупномасштабное изъятие соломы и пожнивных остатков из биологического круговорота в земледелии России без компенсирующего посева сидератов поставит большие сельскохозяйственные территории перед лицом агроэкологической катастрофы, приведёт к резкому снижению урожайности всех культур. Ведь уже в настоящее время средневзвешенное содержание органического вещества в пахотных почвах в целом по Российской Федерации составляет только 3,98 %. Преобладают почвы со средневзвешенным содержанием органического вещества в пределах 2,1–4,0 % (39,1 млн га). В 8 субъектах страны (на площади 5,8 млн га) гумуса в почвах содержится менее 2 % (Сычев и др., 2008). Однако для получения высоких и устойчивых урожаев важно не только абсолютное содержание гумуса в почвах, но и систематическое поступление в почву свежей органики.

Определённым выходом из дефицита органического вещества является повышение продуктивности зерновых культур. Для этого имеется реальная перспектива. Так в длительном опыте Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии (Московская область) на дерново-подзолистой почве показана возможность получения урожайности озимой пшеницы в севообороте на уровне 8–9 т/га (Сычев, и др., 2010).

При увеличении средних урожаев озимых зерновых в России до 5,0 – 6,0 т/га в России объёмы производства соломы возрастают в 2 раза. Но такое повышение урожаев невозможно без известкования почв, внесения достаточных доз минеральных и органических удобрений.

По данным (Панцхава и др., 2008), современное растениеводство России имеет в целом около 150 млн т органических отходов, которые (как считают авторы) можно использовать для производства биотоплива. Однако по нашему мнению, эта органика в настоящее время в первую очередь необходима для поддержания плодородия пахотных почв, являясь основным источником пополнения гумуса!

Реально в земледелии России используется 30,0 млн т сидератов

(5,5 млн т органического вещества). Потенциальные ресурсы органического вещества сидератов оцениваются в 96,8 млн т (Еськов и др., 2006).

В то же время развёртывание сидерации на больших площадях пашни – задача перспективная и в условиях частной собственности на землю требует больших усилий по стимулированию со стороны государства, как это делается в развитых странах.

В России из севооборота в последнее десятилетие выведено около 20 млн га пахотных земель.

В качестве источников растительной биомассы для получения биоэнергии в различных странах в настоящее время предлагаются энергетические леса и посадки растений мискантуса.

Наиболее распространенным видом, используемым в энергетическом лесоводстве, является ива корзиночная (*Salix viminalis*), характеризующаяся быстрым ростом и высокой устойчивостью к болезням (Tahvanainen, 1995):

Заложение насаждений производится с использованием ствольных черенков длиной около 20 см. Плотность посадки: около 18 000 черенков на гектар. Посадка осуществляется весной сразу же после обработки почвы и проведения мероприятий по борьбе с сорняками с целью создания максимально благоприятных условий для укоренения и развития побегов.

Чрезвычайно важное значение имеют ирригация и эффективная борьба с сорняками, особенно в год заложения насаждения. Наиболее производительные посадочные машины проводят одновременную четырехрядную посадку черенков. Посадка одного гектара занимает около одного часа. После первого лета осуществляется срезка побегов, после чего начинается период промышленной заготовки. На заложенных надлежащим образом плантациях можно получить урожай от 9 до 12 т/га сухого вещества в год с содержанием энергии, эквивалентным содержанию энергии в 3,7–4,9 т нефти.

Сбор урожая с одной плантации производится каждые 4–5 лет. После срезания растений из пней вырастают новые побеги. Этот цикл может продолжаться в течение 25–35 лет, после чего осуществляется перезаложение насаждения. Заготовительные работы производятся на плантации ивняка в зимний период после опадания листвы и замерзания почвы. Заготовка целых стволов облегчает складирование. Стволы могут подсушиваться в укладываемых на открытом воздухе штабелях, при этом к следующей осени содержание влаги в них уменьшается до 30 %. Наиболее эффективные заготовительные комбайны представляют собой самоходные машины, срезающие и измельчающие побеги и помещающие биомассу на загрузочные

платформы. Некоторые рубильные машины могут агрегатироваться с сельскохозяйственными тракторами. В этом случае уборка одного гектара занимает около трех часов.

В настоящее время в южной Швеции имеется около 18 000 га энергетических лесов, которые состоят в основном из различных видов *Salix*. Были разработаны эффективные технологии культивирования и лесопользования, вместе с тем требует решения проблема неравномерности качества плантаций за счёт внесения минеральных удобрений. Однако лучше всего ивняк растет на доброкачественных сельскохозяйственных землях с хорошей водопроницаемостью.

Мы считаем, что в России в ближайшие годы среди энергетических культур основное внимание может быть отведено мискантусу китайскому (*Miscanthus sinensis*). Мискантус – род многолетних травянистых растений семейства мятликовых. Продуктивность его новых форм, выведенных в Институте цитологии и генетики СО РАН, составляет 10–15 т/га/год сухой биомассы (Шумный и др., 2010). Урожайность биомассы мискантуса во Франции составляет 20 т с гектара (Bioenergy..., 2007). Мискантус китайский является многолетним злаком и может ежегодно на протяжении 20 лет продуцировать на одном поле. Популяция, отобранная в ИЦГ СО РАН, обладает высокой зимостойкостью даже в условиях Западной Сибири в отличие от других форм мискантуса, используемых в европейских странах.

Мискантус в целом не требователен к почвам, но на плантации необходимо внесение полной нормы минерального удобрения. Иностранные авторы рекомендуют дозы азота не выше 150 кг/га, а соотношение *N:P:K* – около 1:0,4:0,5.

Размножение растения возможно частями корневищ. Обычно корневища короткие (5–10 см), образуются в течение вегетации, зимуют, а весной дают новые побеги. В результате происходит медленная колонизация пространства с образованием сильно разросшихся кочек. Высадку проводят весной отдельными короткими корневищами, обычно размещая их рядами с широкими междурядьями (60–75 см).

Существует два способа вегетативного размножения Мискантуса: делением корневищ и способ культуры “меристематического размножения в пробирке”. Первый способ заключается в разрезании корневища на куски, а затем высадка на плантации. Он прост и дает хорошие результаты в виде быстро развивающихся растений, но связан с необходимостью иметь доступ к маточным плантациям основного посадочного материала. Подготовка и посадка занимают много времени и трудоёмки. В свою очередь, получение посадочного материала культур “в пробирке” является более технически совер-

шенным, но требует специальных лабораторных условий. Благодаря этой технологии в течение короткого времени можно получить большое количество растений. Растения, полученные через культуру “в пробирке” принципиально не отличаются от растений, полученных в результате деления корневищ, за исключением низкой начальной скорости роста и меньшей морозостойкости в первый год после посадки. Тем не менее, эти различия выравниваются в течение второго и третьего года культивирования и урожай биомассы даёт сопоставимые результаты по сравнению с посадкой корневищами.

В случае посадки кусочками корневищ получаются хорошие результаты при размещении их на глубине 10–15 см; а глубина посадки семян выращенных “в пробирке” определяется размером полученных растений. Плотность посадки растений на 1 м² должна быть от 1 до 3 штук, что дает на 1 га от 10000 до 30000 саженцев. Посадки 1-го растения на 1 м² экономит посадочный материал, что имеет важное значение для сокращения расходов на закупку саженцев. В свою очередь, плотная посадка (3 штуки на 1 м²) позволяет растениям мискантуса быть более конкурентными с сорняками на плантациях и быстро приводит к смыканию в междурядьях, и тем самым почти полностью устраняет проблему борьбы с сорняками. На практике интервалы между рядами колеблются от 0,7 до 1,0 м, а расстояние между растениями в ряду – от 45 до 100 см.

Наиболее рациональный способ уборки заключается в транспортировке биомассы от поля до биоцеха без промежуточного хранения. Это означает, однако, необходимость размещать насаждения мискантуса в непосредственной близости к конечному пользователю.

В первый год после посадки мискантуса производят механическую борьбу с сорняками в междурядьях, используя наборы традиционных культиваторов. Это желательно делать на ранних стадиях развития растений сорняков. В случае большого засорения посевов двудольными сорняками могут быть применены гербициды из группы производных триазинов. После 2 или 3 лет выращивания сильно растущий мискантус уменьшает засорённость плантации, подавляя сорняки. Снижение засорения продуктивных насаждений происходит в результате интенсивного роста растений и, в результате, существенного затенения почвы. В европейских условиях мискантус обладает высокой устойчивостью к большинству вредителей. На плантациях нет необходимости применять химические средства, что снижает издержки производства биомассы.

Из других операций по уходу в первый год после посадки применяется мульча толщиной около 30 см почвы вдоль рядка, чтобы

лучше защитить растения от холода во время зимнего периода. Такой способ защиты корней дает очень хорошие результаты, особенно, если саженцы были получены с помощью культуры “в пробирке”. В Европе до сих пор не наблюдается появления болезней на растениях, но имеется один из вирусов, который приводит к торможению роста и пожелтению растений; однако болезнь не передается от растения к растению. Её единственным источником являются инфицированные саженцы, поэтому важно купить здоровый посадочный материал.

В Новосибирске выделена необычная форма с очень длинными корневищами, которые быстро колонизируют почвенное пространство и создают сплошную ровную плантацию мискантуса без образования кочек.

Преимущества данного травянистого растения перед энергетическими лесами заключается, прежде всего, в том, что товарная продукция получается уже со 2 года после посадки. В дальнейшем уборка может производиться как через год, так и ежегодно. За счёт поступления в почву опавших листьев может существенно повышаться содержание гумуса в почве. Для уборки биомассы не требуется набора специализированной дорогостоящей техники, и скашивание надземной биомассы может производиться обычными кукурузоуборочными комбайнами.

В случае необходимости посадки мискантуса легко заменить на сельскохозяйственные культуры без нарушения почвенного покрова.

Посадка мискантуса даже на части не занятой сельскохозяйственными культурами площади пашни России позволит получить большое количество растительной биомассы, сохранить плодородие почв и предотвратить зарастание пашни кустарником и редколесьем. Биомасса может быть использована в начале эксплуатации насаждений для производства топливных пеллет и брикетов, а после строительства биоэлектростанций – и для производства жидкого биотоплива. Однако предварительно требуются разработка и апробирование технологий возделывания мискантуса в разнообразных почвенно-климатических зонах страны, разработка системы удобрений и оценка энергетической эффективности его производства.

Литература

Брагин В.Н., Юмашев Х.С. Изменение агрохимических свойств выщелоченного чернозёма в результате длительного применения минеральных удобрений и соломы в стационарных опытах Геосети // Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2010. С. 62–65.

Будаткин Г.А. Эколого-энергетические основы продуктивности агроэкосистем. М.: НИИ-Природа, 2008. 366 с.

Булаткин Г.А. Оценка эффективности производства нетрадиционных и возобновляемых источников энергии // Вестник РАН. 2009. Т. 79. №7. С. 108–116.

Еськов А.И., Лукин С.М., Тарасов С.И. Новые виды органических, органоминеральных удобрений и биокостюмов // Плодородие. 2006. №5 (32). С. 21–23.

Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. Т. 1. М.: Изд-во “Агрорус”. 2008. 814 с.

Коновалов Н.Д., Коновалова С.Н. Важные источники плодородия // Земледелие. 2009. №5. С. 15–16.

Никитишин В.И., Курганова Е.В. Плодородие и удобрение серых лесных почв ополей Центральной России. М.: Наука. 2007. 368 с.

Паничева Е.С., Шишилов М.М., Ковалёв Н.Д. Биоресурсы России и их использование // Биоэнергетика. 2008. №3. С. 28–34.

Середа Н.А., Акбиров Р.А., Тарасов А.Л. Эффективность многолетних трав и сидератов в воспроизводстве агрофизических свойств чернозёма // Плодородие. 2010. № 1 (52) С. 27–28.

Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь-справочник / Под ред. А.Л. Яншина. М.: Academia. 2000. 384 с.

Сычев В.Г., Романенков В.А. Основные итоги и стратегия развития Географической сети опытов с удобрениями // Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2010. С. 3–6.

Сычев В.Г., Кузнецов А.В., Павлихина А.В., Лобас Н.В. Содержание гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и степень кислотности пахотных почв Российской Федерации // Плодородие. 2008. №3 (42). С. 1–3.

Тюрюканов А.Н. Почвы – природный базис человечества // Избр. труды. М: РЭФИА, 2001. С. 201–210.

Французы гранулируют мискантус // Bioenergy international. 2007. №4. P. 25.

Шумный В.К., Вепрев С.Г., Нечипоренко Н.Н. и др. Новая форма мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis* Anders.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья // Вестник ВОГиС. 2010. Том 14. №1. С. 122–126.

СОЗИДАТЕЛЬНАЯ СИЛА ПОЧВЫ

Я.Р. Васильков, Н.В. Рощин, В.М. Комаров, к.т.н.

Некоммерческое партнёрство «АСИ-БИОСФЕРА», Москва

Medicus curat, natura sanat

(Врач лечит, природа исцеляет)

Гиппократ

Человек и Общество с древних времён находились в состоянии гармонии с Природой, подчиняясь правилам естественного биосферного миропорядка, одним из которых утверждалась необходимость соблюдения *меры* при потреблении природных запасов. Существовавшая традиция разумного потребления, позволяло природе успеш-