

УДК 631.874:631.559

ЗЕЛЕНЕЕ УДОБРЕНИЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ, БИОЛОГИЗАЦИИ И ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**В.Г. Лошаков, д.с.-х.н., ВНИИА****Москва, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, LVG36@yandex.ru**

Рассмотрена роль зеленых растений в развитии биосферы, формировании почвы и основного показателя ее плодородия - гумуса. Теоретически и экспериментально доказана необходимость дальнейшего развития земледелия на основе его биологизации с использованием зеленого удобрения. С учетом многолетних оригинальных исследований, а также результатов исследований многих научных учреждений изложена перспективная технология использования зеленого удобрения применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Убедительно показана высокая агротехническая, агроэкологическая, энергосберегающая и экономическая эффективность сидерации как в занятых парах, так особенно при пожнивных посевах сидератов в сочетании с соломой и на фоне минеральных удобрений, т. е. на основе синтеза биологических и техногенных средств воспроизводства плодородия почвы, повышения урожайности сельскохозяйственных культур и получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: биосфера, экология, сидерация, гумус, промежуточные культуры, пожнивные культуры.

DOI:10.25680/S19948603.2018.101.09

Недофинансирование, утрата сложившейся инфраструктуры агрохимического обслуживания АПК, ряд других причин кризисного характера определили снижение плодородия почв нашей страны, которое характеризуется отрицательным балансом питательных веществ в земледелии – в среднем - 70 кг/га NPK в год [1]. Ежегодные потери гумуса в пахотном слое за последние годы в среднем по России составляют 0,52 т/га. При этом 56 млн га пашни (45%) характеризуется низким содержанием гумуса, 28 (23%) – дефицитом фосфора и 11,5 млн га (9%) – дефицитом калия [1].

Такое падение уровня плодородия почв связано с сокращением в несколько раз применения минеральных удобрений, сложился острый дефицит органических удобрений – их использование за это время снизилось в 4 раза и в среднем по стране уменьшилось до 0,9 т условного навоза на 1 га пашни [2]. Недостаток органических удобрений не только отрицательно сказывается на балансе гумуса и питательных веществ, но и негативно проявляется на биоте почвы, её биологической активности.

Почва является той средой, без которой в природе немыслима жизнь растений, реализующих одно из величайших изобретений природы – процесс фотосинтеза, сопровождаемый образованием и накоплением в верхней части земной оболочки органического вещества – хранителя солнечной энергии.

К.А. Тимирязев считал, что зеленые растения играют в жизни Земли космическую роль, так как благодаря им возникла и развивается биосфера на нашей планете. По его словам, растение – посредник между небом и землей [3]. Такими посредниками являются растения, которые используют в качестве зеленого удобрения.

Зеленое удобрение в наибольшей степени приближается к биологизированным технологиям - основе экологически безопасных систем земледелия [4-8,10-12]. Это связано, прежде всего, с тем, что в формировании зеленого удобрения – сидератов решающая роль принадлежит вегетирующим растениям, поставляющим постоянно возобновляемый источник энергии – органическое вещество [12, 13].

Другой особенностью этого возобновляемого источника энергии является то, что химический состав органической массы сидератов близок к составу основных сельскохозяйственных культур, что определяет их соответствие потребности растений этих культур в основных элементах питания [3,11-13].

Зеленое удобрение является фактором биологизации и экологизации земледелия, так как основные запасы питательных элементов в составе сидеральных растений находятся в виде органического вещества, которое не вымывается из почвы и потому безопасно для окружающей среды [4, 5, 10].

Доступность сравнительно дешевого зеленого удобрения - «навоза, растущего на поле» - делает его привлекательной и перспективной формой органического удобрения, способного совместно с соломой значительно уменьшить дефицит органических удобрений [2, 9, 14, 15]. По данным ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, при сложившейся в стране структуре посевных площадей сидераты могли бы занимать в нашей стране до 30 млн га и давать зеленое удобрение, равноценное по содержанию органического вещества 700–800 млн т подстильного навоза [1]. При этом затраты на производство и использование зеленого удобрения в 3-4 раза меньше затрат на применение подстильного навоза [4-7].

Наряду с удобрением полей, сидерация позволяет решить целый ряд других актуальных задач современного земледелия: рациональное использование питательных веществ минеральных удобрений и почвы, биологизация и экологизация земледелия, защита почвы от эрозии, охрана окружающей среды, снижение пестицидной нагрузки и оздоровление агрофитоценозов, сохранение экологического равновесия в агроландшафтах и др. [4, 6-8, 10, 11, 13, 14, 18].

Все это в совокупности определяет важное агротехническое и агроэкологическое значение зеленого удобрения для стабильного повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, устойчивости земледелия против неблагоприятных погодных

условий, а также его высокую рыночную конкурентоспособность.

Примером широкого и эффективного использования зеленого удобрения в практике земледелия является опыт Белгородской области, где ежегодно в занятых парах и в промежуточных посевах на площади более 300 тыс. га используют сидераты в сочетании с жидким навозом и удобрением соломой. Это позволило увеличить уровень внесения органических удобрений с 2,6 т/га в 2010 г. до 7,6 т/га в 2015 г., превзойти средние показатели плодородия почвы в области конца 80-ых годов прошлого столетия, обеспечить высокий и стабильный уровень развития отраслей АПК области [16].

Методика. Исследования проводили в серии полевых стационарных опытов, заложенных в соответствии с современными требованиями методики опытного дела в учхозах ТСХА в Подольском районе Московской области, в колхозах и совхозах Брянской, Смоленской, Тульской и Рязанской областей.

Почвы опытных участков - дерново-подзолистые, серые лесные средней степени окультуренности, среднесуглинистые и супесчаные на моренных глинах, суглинках и супесях, со средне- и слабокислой реакцией почвенного раствора, средней степенью обеспеченности гумусом (1,5-1,8 %) и таким же средним обеспечением основными питательными веществами пахотного слоя почвы (0-20 см). Агротехника культур соответствовала агротехнологиям, принятым в хозяйствах Центрального Нечерноземья. При этом использовали районированные сорта и гибриды.

Агрохимические полевые и лабораторные анализы почвы, растений и других материалов выполняли по действующим стандартным методикам, ГОСТам и ТУ. Подробно методика этих и других исследований изложена в публикациях [4, 5, 15, 17].

Результаты и их обсуждение. Анализ и обобщение результатов многолетних метеонаблюдений и отчетно-статистических данных по структуре посевных площадей в центральных областях Нечерноземья показал, что в этом регионе есть необходимые агроклиматические ресурсы и другие условия для успешного использования зеленого удобрения как в занятых парах, так и в виде промежуточных посевов [4, 5, 15, 17].

Установлено, что урожайность основных сидеральных культур – различных видов люпина, сераделлы, донника и других бобовых сидератов в занятых парах Центрального Нечерноземья достигает 400-500 ц/га зеленой массы, удобрительная ценность которой не уступает подстилочному навозу хорошего качества. В зеленой массе таких сидератов содержится 200-250 кг/га азота, что при их запашке в почву равноценно внесению 6-7 ц/га дорогостоящей аммиачной селитры [4, 5, 7, 11, 15, 17]. Помимо азота, зеленая и корневая масса сидератов богата фосфором, калием, кальцием, микроэлементами и в таких количестве и соотношении, которые необходимы для нормального роста и развития основных сельскохозяйственных культур. Эти питательные вещества входят в состав органической массы, запахиваемой в почву, поэтому они не вымываются из неё, что очень важно с точки зрения не только питания растений, но и экологии – значительно уменьшается угроза загрязнения грунтовых вод и водоемов нитратными и другими вредными веществами [4, 5, 10, 11].

Многие сидераты (люпин, донник и др.) имеют глубоко проникающую корневую систему и, следовательно,

обладают способностью извлекать из глубоких слоев почвы питательные вещества и перераспределять их в пахотный слой. Это позволяет люпину и другим сидератам формировать большую – до 50–60 т/га вегетативную массу высокой удобрительной ценности [4, 6, 7, 15, 17].

Еще одним не менее ценным свойством люпина и других бобовых сидератов является их способность с помощью корневых выделений растворять трудно растворимые соединения фосфатов почвы, превращать их в доступные для растений оксиды фосфора [4, 8, 12, 13, 18].

Запаханная в почву органическая масса сидератов подвергается разложению почвенными микроорганизмами. Наиболее интенсивное разложение сидерата в почве происходит в первой половине лета, когда отмечается наибольшее потребление питательных веществ интенсивно растущими сельскохозяйственными растениями [4, 15].

Такое совпадение по срокам наибольшего поступления питательных веществ в почвенный поглотительный комплекс с их максимальным потреблением быстро растущими сельскохозяйственными растениями имеет большое агроэкологическое значение, так как исключает чрезмерное накопление питательных веществ в почве с последующим их вымыванием в грунтовые воды. Тем самым обеспечивается наиболее высокий коэффициент использования питательных веществ экологически безопасного зеленого удобрения. Интенсивно разлагаясь «в нужное время и в нужном месте», зеленое удобрение является источником растворимых питательных веществ – азота, фосфора, калия, кальция и других во время наиболее интенсивного роста основных сельскохозяйственных культур.

В этот период идет наиболее активное поглощение высвобождающихся питательных веществ корневой системой быстро растущих сельскохозяйственных культур без избыточного накопления их остатков в почве. С этих позиций экологически эффективно пропускание минеральных удобрений через вегетативную массу сидеральных растений, когда предназначенные, например для пшеницы, минеральные удобрения вносят под сидеральное растение, выращиваемое на зеленое удобрение под эту культуру [4, 5, 10, 11, 15, 18].

Установлено, что в свежей зеленой массе сидератов соотношение C:N узкое и не превышает 10-15:1, что очень важно для повышения биологической активности почвы и мобилизации питательных веществ. Поэтому зеленое удобрение в сидеральных парах всегда было одним из наиболее эффективных приемов биологического окультуривания дерново-подзолистых и других малоплодородных почв Нечерноземной зоны.

Однако, основная форма сидерации в виде сидеральных паров экономически не выгодна, так как сидеральное поле севооборота в течение года не дает товарной продукции. Поэтому экономически выгоднее промежуточная форма сидерации в виде пожнивных, подсеваемых, поукосных, озимых и других промежуточных культур [4, 5, 7, 13, 15].

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны перспективны сидеральные культуры: горчица белая, рапс, редька масличная, фацелия [4, 15, 17]. Наибольшей устойчивостью к неблагоприятным условиям пожнивного периода характеризуется горчица белая. Её растения устойчивы к раннеосенним заморозкам,

быстро растут и за 45-50 августовско-сентябрьских дней способны накопить 20-30 т/га зеленой массы и 6-10 т/га корней [4, 5, 13, 15, 18].

В 1 ц абсолютно сухой органической массы пожнивной горчицы содержится 38,6 кг углерода, 3,1 азота, 1,1 оксида фосфора и 1,9 кг оксида калия. Её зеленая масса богата азотом, что обеспечивает узкое соотношение C:N (10-12:1) и ее высокую удобрительную ценность [4, 5].

При насыщении зернового севооборота пожновым сидератом до 50 % площади пашни поступление органического вещества в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву увеличивается на 46% [4].

Однако, для оптимизации процессов гумификации органического вещества и накопления гумуса в почве важно, чтобы чрезмерная биологическая активность не приводила к полной минерализации органического вещества, вносимого в почву. Поэтому эффективнее сочетание биологически активного зеленого удобрения с удобрением соломой, которое уравнивает процессы преобразования органического вещества в почве и улучшает гумусовый баланс [15, 17].

При запарке зеленой массы пожновй горчицы белой (18-20 т/га) совместно с соломой (5-6 т/га) в течение двух 6-летних ротаций зернового севооборота количество гумуса в слое почвы 0-40 см увеличилось на 0,48 %, т.е. практически на столько же как и в плодосменном севообороте с двумя полями многолетних трав (0,49 %) [4]. При этом количество водопропрочных агрегатов в пахотном слое почвы 0-20 см увеличилось с 34,2 до 40,1 %, а плотность той же почвы под посевами овса и ячменя снижалась с 1,30-1,31 до 1,20-1,22 г/см³, водопроницаемость почвы возросла на 19-65 % [4]. Это повышало устойчивость почвы к водной эрозии, что имеет большое экологическое значение. Запарка пожновго сидерата в зерновом севообороте (83% зерновых) в чистом виде повышала коэффициент использования азота минеральных удобрений ячменем на 13 %, овсом - на 36, а при сочетании пожновго сидерата с удобрением соломой - на 22 и 69 % соответственно. При этом пожновй сидерат увеличивал закрепление азота в почве с 6,8 до 17,5 %, а при сочетании с удобрением соломой - до 23,9 % [11].

Повышая коэффициент использования азота минеральных удобрений, пожновное зеленое удобрение в сочетании с удобрением соломой снижает непроизводительные потери азота на 35-43 %, выполняя важную экологическую функцию по защите окружающей среды от загрязнения остатками минеральных удобрений [4, 5].

Пожновное зеленое удобрение с узким соотношением углерода и азота выполняет роль катализатора разложения растительных остатков в почве. Установлено, что после пожновго сидерата на следующий год в пахотном слое разлагалось 55-65 % растительных остатков, после внесения минеральных удобрений - 42-47, без удобрений - 36 % [4]. Это обстоятельство также имеет большое экологическое значение, так как зеленое удобрение увеличивает численность сапрофитной почвенной микрофлоры, которая является антагонистом почвенных грибов - возбудителей многих болезней растений. В результате после пожновй сидерации поражение картофеля паршой снижалось в 2,2-2,4 раза, ризоктониозом - в 1,7-5,3 раза, ячменя корневыми гнилями - в 1,5-2 раза [4, 15].

Экологическая функция пожновй сидерации проявляется и в снижении после нее засоренности основных культур севооборота на 30-61 %. В ряде случаев это снимает вопрос о применении гербицидов - экологически небезопасного фактора современного земледелия [4, 5, 9, 15, 17].

Результаты наших многолетних исследований на среднесуглинистых почвах Подмосквья показали, что если внесение 20 т/га навоза повышает урожайность картофеля на 48 %, эквивалентное ему количество минеральных удобрений - на 36 %, то запарка зеленой массы пожновй горчицы (15-20 т/га) в чистом виде повышает сбор клубней картофеля на 49,8 %, а в сочетании с удобрением соломой (5-6 т/га) - на 58,6 %. При этом увеличивались товарность клубней и содержание крахмала в них [4, 17].

На супесчаных дерново-подзолистых почвах Брянской области после запарки от 12 до 20 т/га зеленой массы пожновных посевов горчицы белой, редьки масличной или рапса озимого урожайность картофеля повышалась на 86 %, после внесения равнозначного количества минеральных удобрений - на 46, минеральных удобрений с навозом - на 84 % [15, 17]. Сочетание пожновго сидерата с соломой на фоне минеральных удобрений повышает урожайность зерна ячменя и овса, соответственно, на 50,5 и 51,2 %, зеленой массы викоовсяной смеси - на 34 %.

Пожновное зеленое удобрение как в чистом виде, так и в сочетании с соломой имеет хорошее последствие в севооборотах и повышает их общую продуктивность на 17-20 % [4, 10, 17].

Особенно большое значение пожновная сидерация как в чистом виде, так и в сочетании с удобрением соломой имеет при зерновой специализации земледелия [2, 4, 5, 17]. Длительное - в течение 4 севооборотных ротаций (24 года) - использование пожновго сидерата горчицы белой повышало поступление органического вещества в почву на 32 %, а с ним и углерода - на 62%. Еще больше - почти вдвое - увеличивалось количество органической массы, поступающей в почву зернового севооборота при пожновй сидерации совместно с удобрением соломой. При этом прибавка углерода в почве составляла 92 % [4].

Зеленая масса пожновго сидерата с узким соотношением C:N является своеобразной «биологической растопкой», которая повышает активность почвенной биоты в 1,5-2 раза при одновременном изменении видового состава почвенной микрофлоры - в несколько раз повышалось содержание бактерий рода *Clostridium*, и азотфиксирующая способность дерново-подзолистой почвы возрастала в 6-10 раз. Одновременно зеленое удобрение активизировало ферментативную активность почвы: активность уреазы повышалась на 52 %, протеазы - на 45, инвертазы - на 10, каталазы - на 17 % [4].

Длительное использование пожновй сидерации на фоне минеральных удобрений способствовало увеличению количества дождевых червей в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в 1,5 раза под посевами ячменя в зерновом севообороте и в 4-5 раз при бессменном посеве ячменя [4].

Многолетнее применение пожновго сидерата в зерновом севообороте (83 % зерновых) повышает плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, улучшает фитосанитарную и экологическую ситуацию в севообороте, увеличивает урожайность

зерновых культур, выход и качество зерна, общую продуктивность севооборота [4, 5]. Особенно эффективно в таких севооборотах сочетание сидерации с удобрением соломой. Оно обеспечивало качество зерна пшеницы, ячменя не ниже, чем в плодосменных севооборотах с многолетними травами [4, 5].

Выводы. 1. В условиях центральных областей Нечерноземной зоны важным фактором биологизации земледелия и повышения плодородия почвы является пожнивное зеленое удобрение (горчица белая). В сочетании с минеральными удобрениями и удобрением соломой пожнивная сидерация оказывает положительное влияние на биологическую активность почвы, способствует накоплению в ней органического вещества.

2. Пожнивное зеленое удобрение увеличивает коэффициент использования минеральных удобрений, улучшает физические, химические и биологические показатели плодородия дерново-подзолистых почв, повышает урожай полевых культур и качество сельскохозяйственной продукции.

3. Пожнивное зеленое удобрение в сочетании с минеральными удобрениями и удобрением соломой позволяет устранить отрицательные последствия зерновой специализации севооборотов, усилить фитосанитарную и экологическую функцию севооборота, обеспечивая высокий уровень урожайности зерновых культур и выход зерна, и такое же качество зерна, как в плодосменных севооборотах.

Литература

1. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н. Концепция программы агрохимических мероприятий до 2020 года/Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий. - М.: ВНИИА, 2011. - 30 с.

2. Мерзлая Г.Е., Державин Л.М., Завалин А.А., Лошаков В.Г. и др. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии / Под ред. В.Г.Сычева. - М.: ВНИИА, 2012. - 44 с.
3. Тимирязев К.А. Изб. соч. Т. 2. - М.:ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948.
4. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение в земледелии России /Под ред. В.Г.Сычева. - М.: Изд-во ВНИИА, 2015. - 300 с.
5. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы/Под ред. В.Г.Сычева. - М.: Изд-во ВНИИА, 2012. - 512 с.
6. Алексеев Е.К. Зеленое удобрение в Нечерноземной полосе.- М.: Сельхозгиз, 1959. - 278 с.
7. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии. Вопросы теории и практики.- Минск: Белорусская наука, 2009. - 404 с.
8. Прянишников Д.Н. Изб. соч. в 3 томах. - М.: Сельхозгиз, 1965.
9. Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л. Гумусное состояние почвы в севооборотах с люпином // Плодородие. - 2007. - №5. - С. 17-18.
10. Лошаков В.Г. Экологические проблемы современных агроландшафтов // Экология и культура: от прошлого к будущему. - Ярославль – Борок, НИИ биологии внутренних вод им. Папанина РАН, 2013. - С. 13-19.
11. Новиков М.Н., Тужилин В.М., Самохина О.А. и др. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне/Под ред. А.И.Еськова. - Владимир: ВНИИТИОУ, 2004. - 260 с.
12. Шпаар Д., Лошаков В.Г., Постников А.Н. и др. Возобновляемое растительное сырье /Под ред. Д. Шпаара. - С-Петербург – Пушкин, 2006. Кн. 1. - 416 с. Кн. 2. - 382 с.
13. Шпаар Д., Лошаков В.Г., Пыльнев В.В. и др. Рапс и сурепица. Выращивание, уборка, использование/Под ред. Шпаара. - М.: Изд-во ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2007. - 320 с.
14. Лошаков В.Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения//Успехи современной науки.- 2017.- Т.1.- №10. - С.24-31.
15. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры как фактор интенсификации земледелия и окультуривания дерново-подзолистых почв. //Докт.дисс. - М.:ТСХА,1982. - 406 с.
16. Лукин С.В. Биологизация земледелия в Белгородской области: итоги и перспективы//Достижение науки и техники АПК. - 2016.- Т. 3.- №7. - С. 20-23.
17. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. - М.: Россельхозиздат, 1980. -126 с.
18. Лошаков В.Г. Избранные труды – теория и практика российского земледелия и образования. Т. 1/Под ред. В.Г.Сычева. - Saarbrücken:LAMBERT Academic Publishing, 2017. - 636 с.

GREEN MANURE AS A FACTOR OF SOIL FERTILITY IMPROVING, BIOLOGIZATION AND ECOLOGIZATION OF AGRICULTURE

V.G. Loshakov, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia,
E-mail: lv36@yandex.ru

The article investigates the role of green plants in the development of biosphere and formation the main indicator of soil fertility – humus. The need of further development of agriculture on the basis of its biological function, using a nature-similar agricultural technology, in particular – green manure is proved both theoretically and experimentally. Based on many years of original research, and the research results of many scientific institutions in Russia and abroad, the author presents a promising technology for green manure application to the particular soil types and climatic conditions. On the same basis one can see the positive agrotechnical, agroecological, energy influence and cost-effectiveness of green manure for the sown fallow, and in particular for the crop sowing green manure combined with straw and fertilizer, that is based on the synthesis and biological and industrial means of reproduction of soil fertility, crop improvement, production of environmental friendly agricultural products.

Keywords: biosphere, ecology, green manure, gumus, intermedifite crops, stubble culture.

УДК 635.037:634.1-15

РАЗРАБОТКА НОВЫХ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ПРИЕМОВ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПЛОДОВЫХ САЖЕНЦЕВ

**О.Е. Клименко, д.б.н., Н.И. Клименко, к.с.-х.н., ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52;
e-mail: olga.gnbs@mail.ru**

Приведены данные по влиянию микробных препаратов (МП) на плодородие почвы, состояние и эффективность выращивания саженцев персика и черешни в плодовом питомнике. Установлено, что МП способствовали накоплению подвижных форм элементов питания в почве и стабилизации содержания гумуса. Они повышали прижи-