**ЗДОРОВАЯ ПОЧВА – ФИТОСАНИТАРНЫЙ БАЗИС БЕСПЕСТИЦИДНОГО
РАСТЕНИЕВОДСТВА**

**HEALTHY SOIL - PHYTOSANITARY BASIS OF NON-PESTICIDE
CROP PRODUCTION**

Соколов М.С., академик РАН
Sokolov M.S., Academician of RAS

Глинушкин А.П., доктор сельскохозяйственных наук
Glinushkin A.P., Doctor of Agricultural Sciences

ВНИИ фитопатологии, Московская область, Россия

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Region, Russia

E-mail: sokolov34@mail.ru, glinale@gmail.com

Торопова Е.Ю., доктор биологических наук
Toropova E.Y., Doctor of Biological Sciences

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: helento@ngs.ru

Боровая В.П., кандидат биологических наук
Borovaya V.P., Candidate of Biological Sciences

Северо-Кубанский опорный пункт ВНИИБЗР, Краснодарский край, Россия

North-Cuban branch of VNIIBZR, Krasnodar, Russia

E-mail: svettik2010@mail.ru

Бугаёва Л.Н., кандидат биологических наук
Bugayeva L.N., Candidate of Biological Sciences

Лазаревская опытная станция ВНИИБЗР, Краснодарский край, Россия

Lazarevskaya Experimental Station of VNIIBZR, Krasnodar, Russia

E-mail: bugaevaLn@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены средообразующие функции здоровой почвы – неотъемлемого компонента беспестицидных агроэкосистем. Предложены показатели, позволяющие количественно оценивать состояние здоровья почвы. Они учитывают: содержание в почве вредных и фитотоксичных веществ, патогенных и фитопатогенных биоагентов, степень нарушения ее биогеохимических и самоочищающих функций. Обобщены принципы и приемы, позволяющие *in situ* управлять здоровьем почвы в системах органического земледелия – особой разновидности растениеводства, обеспечивающей получение экологичной продукции и противодействующей дегумификации почвы.

ABSTRACT

The environmental functions of healthy soil - an integral component of pesticide less agro-ecosystems are under consideration. The indicators for quantitatively assess the soil health state are proposed. They take into account: the content of harmful and phytotoxic substances, pathogens and pathogenic biological agents in the soil, the degree of its biogeochemical and self-cleaning soil functions. The principles and techniques are summarized to manage the soil health *in situ* by organic farming systems - a special kind of farming, providing environmentally friendly products with soil dehumification prevention.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Средообразующие функции почвы, показатели здоровья почвы, органическое земледелие, беспестицидные агроэкосистемы, органические удобрения, экологичная агропродукция.

KEY WORDS

Soil environmental functions, soil health performance, organic farming, pesticide less agro-ecosystems, organic fertilizers, environmentally friendly agricultural products.

По обеспеченности землями сельскохозяйственного назначения Россия пока находится в благоприятном положении: на одного жителя приходится 0,88 га пашни – это второе (после Канады) место в мире. В стране 190,9 млн. га земель сельскохозяйственного назначения, из них пашни – 115,4 млн. га, кормовых угодий – 70,2, залежи – 3,6, многолетних насаждений – 1,7 млн. га. Очевидно, что здоровая, плодородная почва – это уникальная продукционная, средообразующая и биоресурсная глобальная экосистема биосферы. Генеральная Ассамблея ООН назначила 2015 год Международным годом почв. Выступая в апреле 2015 г. на форуме в Париже по проблеме мировой продовольственной безопасности, Генеральный директор ФАО подчеркнул важную роль, которую играет здоровая почва в решении этой проблемы.

Сегодня считается некорректным оценивать качество почвы только по критериям её плодородия, с позиций получения от почвы максимальной продуктивности и прибыли. Глубоко ошибочно, как это было в 90-е годы при внедрении так называемых «интенсивных технологий», полностью игнорировать биотический блок почвы, определяющий средообразующие функции почвенной экосистемы – её здоровье. В Правительство РФ (16.04.2015) внесен проект Федерального закона об органическом сельском хозяйстве, который в течение двух предыдущих десятилетий безуспешно инициировали российские экологи [<http://www.agroxxi.ru>]. В органическом земледелии, как известно, здоровой почве принадлежит первостепенная роль.

Здоровье почвы (soil health) – это функциональная биологическая категория почвенной экосистемы, характеризующаяся метаболизмом и катаболизмом соединений биофильных элементов, самоочищением от вредных для биоты веществ и чужеродных биоагентов. В отличие от природной почвы, здоровая почва агроценозов и социосферы характеризуется еще соответствием своего вещественного и биотического состава нормативным показателям вредности, а почва агроценозов – потенциальным плодородием, адекватным её зональному местоположению. Здоровая почва способна неопределённо долго функционировать в качестве компонента наземно-почвенной экосистемы, поддерживать продуктивность геобионтов (гумусообразование и др.), качество воды, воздуха, продуктов урожая, обеспечивая тем самым здоровье растений, животных и человека [Глинушкин и др.].

Впервые термин «здоровье почвы» ввели в обращение члены Американского общества почвоведов [Doran et al., 1996] в статье, посвященной здоровью почвы как фактору устойчивого развития. Однако ранее В.А. Ковда [Ковда, 1989] опубликовал фундаментальную работу «Патология почв и охрана биосферы планеты». В ней он, в частности, писал: «...острота проблемы патологии почв заключается не только в снижении плодородия почв и в уменьшении урожаев продовольствия и сырья. Опаснее и страшнее другое: деградация и патология почв влечет за собой патологические явления в здоровье, развитии и физиологии человека, и даже в его умственной деятельности и психике».

Проблему «здоровье почвы» мы начали изучать в начале нулевых годов. Следовало установить, на какие индикаторные геобионты и/или функциональные процессы влияют инсектицидные токсины Bt-ГМР, локализуемые в почве. Как оказалось, до недавнего времени количественные показатели, характеризующие «здоровье почвы», ни в США, ни

в странах ЕС до сих пор не только не согласованы, но даже и научно не обоснованы [Соколов, Дородных, 2009; Соколов, Марченко, 2011]. Для обоснования количественных показателей здоровья почвы необходимо было более детально заняться анализом её основных биологических функций и биотической структуры. С 90-х гг. XX в. проблему почвенного здоровья исследует творческий коллектив кафедры микробиологии МГУ во главе с профессором А.М.Семёновым. В этих работах участвуют и микробиологи США (д-р Ван Бругген и др.) [Plant Diseases ..., 2015; Соколов и др., 2015; Семенов, Соколов, 2016].

Результаты анализа ситуации с состоянием почв агроэкосистем России позволили сделать вывод, что в настоящее время наукой и производством востребованы региональные нормативные базы показателей здоровья почвы, включающие:

Фактологические критерии (ПДК, ПДД, ПДН и др.), лимитирующие в почвах агроценозов содержание природных и техногенных поллютантов, а также лимиты заселения почв вредными геобионтами – фитопатогенами, фитофагами, семенами и зачатками сорняков (основанные на ПВ и ЭПВ);

Функциональные параметры, количественно оценивающие гетеротрофную и супрессирующую активность почвы, её самоочищающую способность от поллютантов, фитотоксичных соединений и метаболизм основных биофильных элементов.

Актуальность проблемы проиллюстрируем конкретными фактами. Согласно данным ФАО, из 4,85 млрд. га мировых агроугодий почвоутомление или токсикоз почв (в том числе и из-за загрязнения остатками стойких гербицидов!) охватывает 1,25 млрд. гектаров. Это – основная причина потерь ~25 % мирового урожая агропродукции [Глинушкин и др.]. Минсельхоз РФ, работая над новым вариантом Доктрины Продовольственной безопасности России совместно с ОНФ и СОЗ (Общероссийский народный фронт, Союз органического земледелия), обнародовал следующие данные о дестабилизации и деградации почв России [Государство ..., 2015]. «Россия ежегодно теряет 81,4 млн т. гумуса, за последние 20 лет запасы гумуса сократились на 25–30%. Состояние почвенного покрова в ряде регионов просто критическое. На всей территории России... около 70 млн. га подвержены эрозии и дефляции, 73 млн. га имеют повышенную кислотность, более 40 млн. га в разной степени засолены, 26 млн. га заболочены и переувлажнены, 5 млн. га загрязнены радионуклидами, более 1 млн. га подвержены опустыниванию». В дестабилизацию агроэкосистем России свой вклад вносят и нерадивые землепользователи, нарушая классические принципы интегрированной защиты растений и игнорируя элементарные требования, обеспечивающие экологическую безопасность и здоровье почвы [Соколов, Дородных, 2009]. Так, во многих хозяйствах Ростовской области [Артохин, Игнатова, 2015]: «... постулаты интегрированной защиты растений забыты и в оборот всё шире вводятся ... пестициды с длительным периодом фитотоксического действия. При применении таких пестицидов особые знания агроному не нужны. Очень удобно и обследовать поля не надо. Обработал посев по рекомендациям фирмы и живи спокойно месяц и более. А то, что многие из этих пестицидов запрещены в Европе, и их применение в нашей стране может привести к необратимым изменениям в агроэкосистемах, никого не волнует».

В то же время, рациональному использованию почвы – этого стратегически важного природного ресурса – уделяется все больше внимания на самом высоком уровне. Так, Постановление Президента РФ (от 25.01.2015, № ПР 117 п. 2д) гласит: «Правительству Российской Федерации представить в установленном порядке предложения о дополнительных мерах по экономическому стимулированию целевого и рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, совершенствованию механизма контроля за таким использованием и при необходимости принять соответствующие нормативные правовые акты». В общей форме, требования к сбережению почвы, других природных ресурсов страны декларированы Национальной стратегией устойчивого развития России, утвержденной Государственной Думой РФ.

Приоритетами для населения страны обозначены: а) создание здоровой среды и благополучия, б) обеспечение продовольственной и экологической безопасности, в) сбалансированное и рациональное природопользование. Общеизвестные экологические императивы национальной стратегии декларируют, что: а) «нельзя жить за счет будущих поколений», б) «необходимо гармонизировать взаимоотношения человека с природой» [Стратегия ..., 2002].

Итак, в России, как и во многих странах [Добровольский, 2011], сегодня преобладают нарушенные, деградировавшие, больные почвы. Какие же актуальные задачи должны быть решены для исправления ситуации? Очевидно, что срочно необходимы «Научно-практические рекомендации»: а) по диагностике здоровья почв, оцениваемого количественными показателями, б) по лечению (ремедиации) больных почв, в) по комплексу мероприятий, обеспечивающих сохранение и поддержание здоровья почв агрозоны и урбаноэкозоны. Полагаем, что в решении этих важных задач большую помощь может оказать творчески-критическое использование многолетнего мирового опыта органического земледелия [Агроэкология, 2000; Онегов, 2001; Plant Diseases..., 2015]. Базой здоровой почвы в системах органического земледелия служат три важнейшие обязательные фактора: а) органические удобрения, б) обработка почвы, в) длинноротационные севообороты.

Агроэкосистемы органического земледелия (в сравнении с традиционными) характеризуются: 1) большей замкнутостью трофических цепей геобиоты, 2) большим биоразнообразием, 3) большей плотностью травостоя, 4) отсутствием химических пестицидов, 5) лучшим питательным режимом растений. На органических фермах создаются здоровые экосистемы. Их почвы характеризуются минимальными потерями питательных элементов и повышенной супрессивной активностью в отношении возбудителей болезней и фитопатогенов. Именно поэтому в здоровых почвах менее вредоносны многие фитопатогены, а также патогены человека и теплокровных животных.

Хотя создание здоровой, супрессивной почвы – процесс многофакторный, однако ведущая роль здесь принадлежит геобиоте. Стабильное здоровье и супрессивная активность почвы обеспечивается включением в севооборот большого набора культур. Предпочтительнее растения с корневой системой, богатой лигнином и фенолами, фиксирующие N_2 атмосферы ($50\div 170$ кг/га), такие, например, как многолетние бобовые и бобово-злаковые травы [Чулкина и др., 2007].

Накопление гумуса в почве зависит не только от количества сидератов, корневых и пожнивных остатков, но и от содержания в них азота и других элементов питания, необходимых микрофлоре для гумификации органического вещества. Поэтому возделываемые культуры систематически удобряются органикой с относительно широким соотношением C:N. От содержания биофилов и отношения углерода к азоту (C:N) в растительных остатках зависят коэффициент гумификации органического вещества и размеры накопления гумуса в почве. Оптимальным для их гумификации считают соотношение C:N = $20\div 25$ [<http://cvetutcvety.ru>].

Почва в системах органического земледелия обрабатывается с большой осторожностью, чтобы исключить ее переуплотнение и деградацию гумуса аэробными сапротрофными микроорганизмами. Обязательные междурядные обработки почвы при возделывании пропашных культур рекомендуется проводить не глубже 7–10 см. Обработка почвы осуществляется дисковыми, щелевыми и т. п.), интенсивная – безотвальными плугами-рыхлителями. В ряде ситуаций предпочтительнее минимальная обработка почвы или прямой посев по стерне предшественника.

В борьбе с вредными организмами допустимы только биологические, физические и агротехнические приемы; запрещено использовать пестициды и легко растворимые минеральные удобрения. С сорняками борются с помощью основных и промежуточных культур севооборота, конкурентоспособных посевов, покровных культур в междурядьях. Так, если два года подряд на одном и том же поле высевать озимую рожь, то из

агроценоза вытесняются многие виды многолетних и малолетних сорняков. От фитофагов растения защищают биопрепаратами и привлечением энтомофагов, а также инсектицидами растительного происхождения [Соколов, Литвишко, 1993; Соколов и др., 1994]. Специальные ловушки с аттрактантами, а также свето-, цвето- и клеевые ловушки используются как для истощения популяций фитофагов, так и для их мониторинга. Перспективны широкозахватные полевые вентиляторные и вакуумные импакторы для сбора и уничтожения имаго вредных насекомых [http://www.findpatent.ru; патент РФ № 2469533]. Для защиты растений от возбудителей болезней используют биопрепараты, на небольших площадях – настои нетоксичных растительных препаратов – тысячелистника, крапивы, ромашки, валерианы.

При аккредитации земельных угодий в органическом земледелии учитываются потенциальные источники загрязнения. Органические агроэкосистемы должны быть обязательно удалены от потенциальных загрязняющих предприятий (шахт, металлургических и химических заводов, электростанций, мусорохранилищ) и от магистральных дорог. Овощные культуры размещаются не ближе 30 км (в направлении преобладающих ветров) и не ближе 15 км в других направлениях, от магистральных дорог – не ближе 200 метров [Глинушкин и др.].

Ключевая проблема органического земледелия – непрерывное воспроизводство плодородия почвы. Она должна быть структурной, высокоплодородной, содержать не менее 3% гумуса, с нейтральной, слабокислой или слабощелочной реакцией почвенного раствора. Это достигается введением в севообороты фитомелиорантов, систематическим внесением органики и активизацией полезной микробиоты. Органика – источник энергии для геобионтов, при микробном самоочищении она выполняет роль сорбента, косубстрата и другие защитные функции. На почвах, богатых органическим веществом, растения в меньшей степени подвержены заболеваниям.

Источники органики – удобрения: а) традиционные (преимущественно сидераты – многолетние бобовые травы, компосты), б) нетрадиционные (солома, ботва, пожнивные остатки; мульча из свежего растительного материала, биогумус). Сжигание стерни исключено! Почвы с низким содержанием гумуса ежегодно удобряются компостом – 60–90 т/га, с более высоким – 30–45 т/га. Удобрение свежим, некомпостированным навозом, а также навозной жижей не допускается! Полагают [Онегов, 2001], что компост служит не только источником гумуса, он, безусловно, является также носителем жизни. В нем обитает обильная масса микрофлоры и дождевые черви. Компост содержит питательные вещества, а также некоторые БАВ в форме, наиболее благоприятной для питания растений. Его можно вносить в любой дозе, компоста никогда не бывает слишком много. Правильно приготовленный компост следует считать универсальным удобрением, поскольку он содержит практически все, что нужно растениям. На поверхности почвы из растительных остатков или сухого навоза (смешанных с почвой) формируется слой мульчи (толщиной 5–7 см). Мульчей служат также: скошенная трава, лузга подсолнечника, прелые опилки (не содержащие смолы), пожнивные остатки, картон и т. д. В мульчирующем слое непрерывно действуют активаторы–улучшатели почвы – аэробные бактерии, микромицеты, земляные черви.

Длинноротационный севооборот – важнейший компонент большинства органических систем. Он включает бобовые растения (однолетние, многолетние), покровные и промежуточные культуры. На поле в качестве органики оставляется фитомасса сидеральных, поукосных, промежуточных и пожнивных культур. Суммарная площадь их посевов должна составлять не менее 30–50% площади всех агроэкосистемных угодий.

Бобовые культуры, благодаря ризосферным бактериям-симбионтам, рассматриваются как основной источник биологического азота. Кроме того, они эффективно препятствуют эрозии и улучшают фитосанитарное состояние почвы. Люцерна, благодаря глубокой корневой системе, извлекает калий, фосфор, кальций из глубоких слоев почвы, перенося их в верхний горизонт, где локализована корневая

система большинства культур. Многолетние бобовые культуры – незаменимые структурные элементы почвы. Донник двухлетний производит фитомелиорацию солонцеватых почв, обогащает их азотом, стимулирует микробиологическую активность, улучшает структуру и фитосанитарное состояние почвы [Торопова и др., 2014].

Промежуточные культуры–сидераты поддерживают требуемый уровень плодородия почвы. При их возделывании фитофаги, лишившиеся на некоторое время привычного объекта питания, резко снижают свою активность, перестают размножаться или даже погибают. То же самое происходит и с фитопатогенными микроорганизмами. Высokорослые культуры сплошного сева угнетают развитие сорняков.

Важная причина введения севооборота – чувствительность культуры к собственным корневым выделениям (экссудатам, колинам). Их накопление – одна из основных причин почвоутомления, наряду с заселением почвы возбудителями болезней и вредителями, специфичными для монокультуры или группы родственных культур. Бессменное выращивание близкородственных растений приводит к быстрому истощению почвы из-за одностороннего выноса основных биофильных элементов.

Важнейший, универсальный постулат органического земледелия: в течение вегетационного сезона почва агроценоза должна быть максимально покрыта растительностью, либо мульчей.

Заключение:

1. Многолетний опыт создания здоровых почв в системах органического сельского хозяйства представляет несомненный интерес для исследователей и землепользователей. Их отдельные технологические элементы могут быть использованы в бесpestицидных технологиях производства: высококачественных элитных семян, особо ценных культур (в рекреационных и водоохранных зонах), сырья для производства продуктов лечебного, детского питания и лекарственных средств.
2. Использование показателей здоровья почвы при её бонитировке упорядочит процессы купли-продажи сельхозугодий вследствие более объективной оценки стоимости земли.
3. Для профессиональной специализации будущих почвоведов-экологов и учёных-агрономов – защитников растений изучение феномена почвенного здоровья и технологий бесpestицидного производства урожая должно быть организовано в университетских курсах по профилям «Защита растений» и «Экологическое почвоведение».

Статья подготовлена по материалам доклада на секции «Защита растений» Международной научной конференции «Аграрное образование и наука в 21 веке: вызовы и проблемы развития» 13 ноября 2015 г. в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Агроэкология / В.А. Черников и др. М.: Колос. 2000. 536 с.
2. Артохин К.С., Игнатова П.К. О некоторых тенденциях в развитии защиты растений / Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Краснодар. 2015. С. 14-17.
3. Витанов А. www.agrocouncil.ru/organicheskoe_ovoshevodstvo.
4. Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. Здоровая почва и её воспроизводство в альтернативных системах земледелия / В книге «Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве» (в печати)
5. Государство позаботится о здоровье почвы / Газета «Защита растений» 2015. № 10.
6. Добровольский Г.В. Педосфера как оболочка высокой концентрации и разнообразия жизни на планете Земля // Почвы в биосфере и жизни человека. Монография. М.: МГУЛ, 2012. С. 20–34.

7. Ковда В.А. Патология почв и охрана биосферы планеты (препринт). Пушкино. ОНТИ НЦБИ. 1989. 35 с.
8. Онегов А. Органическое земледелие // Наука и жизнь. 2001. № 10. С. 105-109.
9. Патент № 2469533 на изобретение РФ «Устройство для сбора колорадского жука» (заявл. 20.06.2011 г., опубл. 20.12.2012 г.).
10. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. 2016. № 1 (в печати)
11. Соколов М.С., Дородных Ю.Л. Здоровая почва – основа нашего благополучия // Защита и карантин растений. 2009. № 8. С. 11-14.
12. Соколов М.С., Литвишко Е.В. Биологическая защита растений в США // Защита растений. 1993. № 11. С. 18–20.
13. Соколов М.С., Марченко А.И. Экологическая оценка трансгенных Bt-растений – неотъемлемое условие их безопасного производства. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2011. 129 с.
14. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. 2015. № 8. С. 81-94.
15. Соколов М.С., Монастырский О.А., Пикушова Э.А. Экологизация защиты растений. Пушкино. ОНТИ НЦБИ РАН. 1994. С. 322-336.
16. Стратегия устойчивого развития // Экос. 2002. № 2-3. С. 6-54.
17. Торопова Е.Ю., Посаженников С.Н., Мармулева Е.Ю. Системная фитосанитарная роль предшественников в южной лесостепи Новосибирской области // Сибирский вестник с.-х. науки. 2014. №4. С.4-11.
18. Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A. Soil health and sustainability // Adv. Agronomy. 1996. V. 56. P. 1–54.
19. Plant Diseases and Their Management in Organic Agriculture. Edited by M.R.Finckh et al. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA. 2015. 414 pp. <http://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/novosti/rossiiskie-yekofermery-poluchat-pravovoe-pole>
20. <http://cvetutcvety.ru/rol-organicheskix-udobrenij-v-vosproizvodstve-plodorodiya-pochvy.html>
21. <http://www.findpatent.ru/patent/71/715076.html>