

Актуальность оздоровления деградированных почв агроценозов*)

М. С. Соколов, академик РАН, доктор биологических наук
Всероссийский НИИ фитопатологии

(Дата поступления статьи в редакцию 24.08.2018 г.)

Обсуждаются директивные документы ФАО по оздоровлению деградированных почв и коэволюции мировых почвенных ресурсов агроценозов. Почва агроценозов рассматривается как продукт коэволюции природной почвы. Анализируются её глобальные, средообразующие и продукционные функции. Констатируется актуальность и важность оздоровления почв России, подчёркивается необходимость оптимизации и повышения их продуктивности и здоровья посредством различных управляющих мероприятий, в первую очередь – органических удобрений. Обсуждается роль адаптивно-интегрированной защиты растений в повышении фитосанитарного статуса и здоровья почв агроценозов.

Введение

По итогам «Международного года почв» (2015) группой ведущих экспертов ФАО (из 60 стран) разработаны директивные документы по реабилитации и ремедиации деградированных почв агроценозов [1–4]. Директивы адресованы правительствам заинтересованных стран. Они содержат общие рекомендации по рациональному использованию и коэволюции почвенных ресурсов (РИПР), одобрены 25-й сессией Комитета по сельскому хозяйству и утверждены (05.12.2016) 156-й сессией Совета ФАО. В сводном докладе [3] констатируется, что треть почв планеты нарушены и не в полной мере выполняют свои продукционные и средообразующие функции. Определены 10 типов деградации почв педосферы, мероприятия по их восстановлению [3, 4]. Применительно к России наиболее актуальны деградация, эрозия, загрязнения, утрата биоразнообразия.

Впечатляющий пример деградации почв агроценозов России – широкое распространение дегумусированных, больных, кондуктивных почв, заселённых возбудителями корневых гнилей зерновых злаков.

Это общемировая тенденция всех зерносеющих стран. Здесь почвенные фитопатогены практически повсеместно ($\geq 80\%$) инфицировали агроценозы пшеницы и ячменя [5–7].

Следующий по значимости ущерб – прямые потери мирового урожая (~25 %) вследствие «почвоутомления» или токсикоза почв. Его индукторы – метаболиты растений, микотоксины, остатки стойких гербицидов [5, 8]. Из-за ограниченных рамок статьи рассмотрим лишь отдельные аспекты (фитосанитарные, экологические) этой значимой проблемы.

Основная часть

1. Здоровье почвы – важнейшая экологическая категория

В цитируемых документах ФАО здоровье почвы рассматривается как важнейшая, наряду с плодородием, характеристика качества почв агроценозов. Если категория «плодородие» оперирует преимущественно агрофизическими и физико-химическими оценками и показателями почвенной экосистемы, то

FAO policy documents on the degraded soils improvement and the world's agro-soil resources co-evolution are discussed. The agro-cenoses soil is considered as a product of natural soil co-evolution. The global, environment-forming and productive soil functions are analyzed. The urgency and importance of the soil improving in Russia are stated. The need to optimize and improve soil productivity and health through various management measures, in the first place – organic fertilizers, is emphasized. The adaptively integrated plant protection role in improving the agro-soils phytosanitary status and health is discussed.

здоровье характеризует её средообразующие, экологические функции. Они реализуются биотической составляющей почвы, её геобионтами, преимущественно микроорганизмами и мезофауной. Природные почвы (исключая аномальные), независимо от их продуктивности, *a priori* относятся к здоровым [5]. Только здоровая культивируемая почва в состоянии удовлетворить разумные потребности социума в продовольствии, биомассе (энергии), волокнах, кормах и иных видах агропродукции. Почвы суши Земли обеспечивают человека такими облигатными, жизненно необходимыми экоресурсами, как чистые вода и атмосферный воздух.

Существуют различные содержательные характеристики здоровья почвы [5, 9]. Впервые это понятие в научную литературу ввели американские почвоведы-экологи [10]. Предпочтительнее предельно краткое определение: «**здоровье почвы** – это биологическая категория почвенной экосистемы, характеризующаяся трансформацией соединений биофильных элементов и её самоочищением от чужеродных, вредных для аборигенной биоты агентов – химических и биологических». Здоровье почвы – это её способность как экосистемы неопределённо долго функционировать в качестве компонента наземно-почвенной экосистемы (биогеоценоза), обеспечивая при этом биопродуктивность, качество воды и воздуха, здоровье растений, животных и человека. Благодаря своим супрессирующим свойствам здоровая почва защищает агроценоз и урожай от инфицирования патогенами и фитопатогенами [5–7, 9–12].

Итак, *здоровая почва* – это нормативно чистая почва, содержащая ксенобиотические и природные поллютанты, патогенные и фитопатогенные микроорганизмы в пределах установленных гигиенических нормативов и/или региональных экономических порогов вредности – ЭПВ (применительно к фитопатогенной биоте).

2. Количественные показатели характеристик здоровья почвы

В природной почве протекают важнейшие биогеохимические циклы биофильных элементов и микроорганизмов. В почве агроценозов подобные циклы,

как правило, в различной степени разомкнуты человеком. Из-за недостатка питательных субстратов, несбалансированного функционирования геобионтов эти циклы нарушаются, а уникальнейшие природные средообразующие процессы почвы – супрессирующая активность, самоочищение от поллютантов, трансформация биофилов (С, N, P и др.) – дезорганизуются [1, 4, 6–13].

Здоровье почвы предложено оценивать посредством облигатных биогеохимических показателей, таких как: **1) фактологические критерии** (нормативы) – фитосанитарные, гигиенические, экологические, а также биологические пороги вредоносности (БПВ) и ЭПВ; **2) функциональные параметры**, количественно характеризующие: а) интенсивность биотрансформации соединений важнейших биофильных элементов (в первую очередь азота), б) супрессию микробами–антагонистами патогенов и фитопатогенов, в) самоочищение почвы от поллютантов, другие средообразующие процессы [5, 9]. «Методические указания» по количественной оценке этих параметров в полном объёме пока не разработаны, здесь мы находимся ещё только в начале пути.

Функциональные параметры здоровья почвы и значения ЭПВ могут рассматриваться (в интересах фитосанитарного прогнозирования) как значимые предикторы потенциальной продуктивности почв агроценозов, а также в качестве объективных оценочных показателей при бонитировке почв агроценозов и селитебных территорий.

3. Органические удобрения – продукт рециклинга отходов и фактор гумусообразования

Органическое вещество почвы, обладая важными полифункциональными характеристиками, выполняет уникальную роль в реализации широкого спектра протекторных (санитарных, фитосанитарных) свойств почвы агроценозов [14, 15]. Активизация полезной (антагонистической, сапротрофной) биоты почвы посредством её удобрения деградировавшими биологическими материалами – эффективный, многократно проверенный, практически значимый приём реабилитации и ремедиации в разной степени деградированных почв, индуктор их оздоровления.

В полевых экспериментах установлена чёткая зависимость между содержанием в почве органического вещества и её супрессирующей активностью. Для разных типов почв Западной Сибири продемонстрирована тесная коррелятивная связь ($r = 0,77$) БПВ *Bipolaris sorokiniana* – возбудителя обыкновенной корневой гнили пшеницы и ячменя – и содержанием гумуса. При снижении гумусированности почвы вдвое вредоносность фитопатогена в отношении яровой пшеницы повышалась в 5–6 раз! При дегумусировании почвенной экосистемы нарушение равновесия между антагонистами-сапротрофами и различными фитопатогенами (биотрофами, некротрофами), включая токсикогенные микромицеты [6, 7], количественно фиксируется величиной БПВ.

Многие агротехногенные факторы, управляющие фитосанитарным режимом почвы, обеспечивают также и аккумуляцию почвенного гумуса. Однако ведущая роль в этом процессе отводится органическим удобрениям. Будучи основным сырьём для пополнения органического вещества почвы агроценозов, именно они способствуют её самоочищению, стабилизируют плодородие и здоровье, а в конечном счёте – продуктивность почвы.

Агропроизводство практически повсеместно располагает существенными ресурсами для резкого увеличения масштабов производства современных, высокоэффективных, экологических органических и органо-минеральных удобрений. Однако их производству, хранению и рациональному применению традиционно не уделяется должного внимания. Так, при средней норме внесения органики всего 1,3 т/га (при наличии в 2016 г. исходного сырья ~5 т/га) для обеспечения бездефицитного баланса гумуса её доза должна составлять ≥ 10 т/га. В целом по стране органикой удобрялось всего ~9 % посевов, минеральными удобрениями – >50 % [16].

Основные, наиболее перспективные и доступные сырьевые резервы для образования в почве свежего органического вещества – солома, корневые и пожнивные остатки, сидеральные культуры, обеззараженные продукты жизнедеятельности сельскохозяйственных животных – компосты, вермикомпосты, а также древесный уголь биочар, производимый по специальной технологии из отходов растениеводства и лесного хозяйства [14].

В последнее время в рамках биогеосистемотехники [17] разработаны и запатентованы не имеющие мировых аналогов природоподобные технические решения и агротехнологические приёмы. В их числе рециклинг (250–500 т/га) производственных и бытовых органических отходов. Локализованные в подпахотном горизонте почвы, они подвергаются активному фрезерованию, после чего *in situ* трансформируются и утилизируются геобионтами.

Итак, регионально-локальное производство и применение органических удобрений рассматривается нами как важнейшее условие биологизации земледелия, пурификации компонентов экосферы, оздоровления и гумификации почвы, стабилизации её плодородия. К большому сожалению, уникальная роль органики в элиминировании и/или минимизации развития возбудителей почвенных (корне-клубневых) болезней, в сдерживании вредоносности ряда фитофагов большинством земледельцев недооценивается. Очевидно, пришло время всерьёз заняться гумификацией наших почв! К этому настоятельно призывают и рекомендации ФАО, согласно которым основные управленческие решения по системной гумификации почв агроценозов должны включать:

- увеличение производства фитомассы посредством оптимизации орошения;
- внедрение агролесоводства, аллейных посадок (лесополос), живых изгородей, лесовозобновление и лесоразведение;
- защиту и охрану от деградации богатых органическим углеродом почв торфяников, лесов, пастбищных угодий и т. п.;
- использование сидеральных и бобовых культур для восстановления земель, уменьшение числа и глубины их обработок, а где это оправдано – переход на нулевую обработку почвы;
- увеличение содержания гумуса посредством удобрения почвы отходами растениеводства и жизнедеятельности домашних животных, мульчирования, возделывания кормовых культур для выпаса, комплексной борьбы с вредителями, ведения органического сельского хозяйства.

4. Технологические приёмы оздоровления почвы в органическом земледелии

Учёные из Новосибирского ГАУ продемонстрировали технологии и приёмы оперативного, эффективного элиминирования почвенных фитопатогенов и фитофагов при системном применении комплекса специальных агротехнологических мероприятий [5]. Их высокая результативность на протяжении многих лет подтверждена получением рентабельной, нормативно чистой агропродукции, здоровым состоянием почвы. Наиболее значимые системные мероприятия и агроприёмы по оздоровлению больных почв апробированы на практике и обобщены в работах [5, 6–8, 11–14, 18]. В их числе:

- фитосанитарные почвенные картограммы;
- севообороты с прерыванием возделывания восприимчивых культур и сменой растений–хозяев;
- фитосанитарные предшественники;
- системное подавление сорных растений;
- традиционные органические удобрения и сидераты;
- иммунные сорта;
- механические обработки для подавления вредных организмов, минимально аэрирующие почву;
- биопрепараты-индукторы разложения послеуборочных остатков зерновых злаков.

Проиллюстрируем сказанное вкладом (в %) фитосанитарных предшественников в защиту растений-хозяев от вредных геобионтов [5]:

- **яровые пшеница, ячмень** (*гельминтоспориозная гниль*) – рапс, горчица, кукуруза, горох, многолетние бобовые травы – 30–65;
- **яровые пшеница, ячмень, овёс** (*цистообразующая нематода*) – пропашные, бобовые – 50–60;
- **картофель** (*парша обыкновенная*) – капуста, подсолнечник – 75–85;
- **картофель** (*цистообразующая нематода*) – сахарная свёкла, клевер, овёс, рожь, лён, гречиха, донник – 30–50;
- **сахарная свёкла** (*то же*) – люцерна, кукуруза, рожь – 30–60.

Воспроизводство здоровой почвы в экологических системах земледелия обеспечивает повышение биоразнообразия, активизацию полезных геобионтов, сбережение гумуса. Непосредственный интерес для органического земледелия, экосферы и социума могут представлять также: 1) непрерывное воспроизводство плодородия и геобионтов (органика, многолетние бобовые); 2) бесpestицидная защита агроценозов от вредных организмов; 3) усиленное секвестрирование атмосферной углекислоты (компостирование, сидерация, мульчирование, минимизация аэрирования почвы пахотного горизонта, исключение чистого пара).

Заключение

Масштабы дегумусирования почв в России (преимущественно пашни) достигли 95 млн га, баланс гумуса для почв агроценозов в целом отрицательный [16]. Сказанное внушает серьёзные опасения. В то же время отечественное агропроизводство располагает необходимыми ресурсами и возможностями для гумификации почв агроценозов посредством внесения различных видов и форм органики. Тем самым обеспечивается непрерывное образование и накопление гумуса – важнейшего оздоровительного, стабилизирующего фактора наземно-почвенной агроэкосистемы [5, 18, 19]. Недооценка органических удобрений в агропроизводстве, имевшая место в последние десятилетия, должна быть исключена. Систематическое

применение различных видов органики – основа воспроизводства, оздоровления и повышения продуктивности почв агроценозов России.

Литература

1. Глобальное почвенное партнерство – Всемирная хартия почв [Электронный ресурс]. – Рим, 6–13.06.2015. – 6 с. – Режим доступа: <http://www.fao.org/geonetwork>.
2. Добровольные руководящие принципы рационального использования почвенных ресурсов. – Рим. ФАО. 2017. – 18 с. – Режим доступа: <http://www.fao.org/geonetwork>.
3. Сводный доклад «Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Управление системами, находящимися под угрозой». – Рим. ФАО. 2017. – 58 с. – Режим доступа: <http://www.fao.org/geonetwork>.
4. Актуальность для России руководящих принципов ФАО по реабилитации деградированных почв / М. С. Соколов [и др.] // Сельскохозяйственная биология (в печати).
5. Глинушкин, А. П. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве / А. П. Глинушкин, М. С. Соколов, Е. Ю. Торопова. – М.: Агрорус., 2016. – 288 с.
6. Торопова, Е. Ю. Факторы индукции супрессивности почвы / Е. Ю. Торопова [и др.] // Агрехимия. – 2017. – № 4. – С. 58–71.
7. Торопова, Е. Ю. Индукция супрессивности почв – важнейший фактор лимитирования вредоносности корневых инфекций / Е. Ю. Торопова, М. С. Соколов, А. П. Глинушкин // Агрехимия. – 2016. – № 8. – С. 46–57.
8. Современные проблемы гербологии и оздоровления почв: матер. Междунар. науч.-практ. конф., 21–23 июня 2016 г., Большие Вязёмы; ВНИИФ. – 2016. – 384 с.
9. Семенов, А. М. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки / А. М. Семенов, М. С. Соколов // Агрехимия. – 2016. – № 1. – С. 3–16.
10. Doran, J. W. Soil health and sustainability / J. W. Doran, M. Sarrantonio, M. A. Liebig // *Advanc. Agron.* – 1996. – Vol. 56. – P. 1–54.
11. Соколов, М. С. Стратегия фундаментально-прикладных исследований в сфере адаптивно-интегрированной защиты растений / М. С. Соколов [и др.] // Агрехимия. – 2018. – № 5. – С. 3–12.
12. Соколов, М. С. Общие принципы разработки и реализации фитосанитарных технологий / М. С. Соколов, Е. Ю. Торопова, В. А. Чулкина // *Вестник защиты растений.* – 2007. – № 2. – С. 25–43.
13. Соколов, М. С. Здоровая почва агроценоза – неотъемлемое условие реализации его экологических и продукционных функций / М. С. Соколов, А. И. Марченко // *Агро XXI.* – 2009. – № 4. – С. 1–6.
14. Соколов, М. С. Экологические и фитосанитарные функции почвенного органического вещества / М. С. Соколов [и др.] // Агрехимия. – 2018. – № 5. – С. 83–100.
15. Семёнов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семёнов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
16. Кудеяров, В. Н. Современное состояние почв агроценозов России, меры по их оздоровлению и рациональному использованию / В. Н. Кудеяров, М. С. Соколов, А. П. Глинушкин // Агрехимия. – 2017. – № 6. – С. 3–11.
17. Калиниченко, В. П. Биогеосистемотехника – инновационный метод управления продуктивностью и здоровьем почвы / В. П. Калиниченко // *Современные проблемы гербологии и оздоровления почв: матер. Междунар. науч.-практ. конф., 21–23 июня 2016 г., Большие Вязёмы; ВНИИФ.* – 2016. – С. 246–262.
18. Соколов, М. С. Органическое удобрение – эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор супрессивности / М. С. Соколов [и др.] // *Достижения науки и техники АПК.* – 2018. – № 1. – С. 3–7.
19. Соколов, М. С. Роль гумуса почвы в адаптации агросферы к изменению климата Земли / М. С. Соколов, А. П. Глинушкин, М. А. Соколов // *Book of Proceedings of International youth scientific environmental forum. Republic of Belarus. 24–27 august 2017.* – 2017. – P. 81–89.

*) По материалам доклада на Международной научно-практической конференции «Состояние, проблемы и перспективы картофелеводства в XXI веке (90 лет научному картофелеводству Беларуси)» (Самохваловичи, 10–13 июля 2018 г.)