

О содержании, технологиях и результатах мониторинга сельскохозяйственных угодий в прогрессивных системах земледелия

Ю. С. Ларионов¹*, В. Б. Жарников¹, Л. К. Трубина¹

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: larionov42@mail.ru

Аннотация. До настоящего времени проблемной задачей остается поиск оптимальной системы частных и интегральных показателей качества почв, отражающих связь урожайности с их плодородием и достаточно уверенно определяемых в процессе дистанционного мониторинга. В агрохимии и практическом земледелии принято считать, что урожаи культур формируются преимущественно за счет минеральных элементов самой почвы, значимость органического вещества определяют его ролью в формировании питательного режима почвы на основе его минерализации и гумификации. Считается, что ухудшение баланса гумуса, содержания углерода в почве, отсутствие требуемого сочетания элементов минерального питания для каждой культуры в конкретных почвенно-климатических и агроэкологических условиях, в определенных фазы роста и развития растений и есть главные причины недобора урожаев, низкой стабильности продуктивности земледелия. Полагаем, что для каждой культуры и разнообразных агроэкологических условиях для них в каждый момент времени и каждую фазу роста и развития растений существуют свои оптимальные показатели и их соотношения. Это касается эдафитных и эпифитных процессов, биоты почвы, её агрофизических и геохимических качеств, свойств материнской литологической основы. В связи с этим представляется, что в целях широкого внедрения биоземледелия в сельскохозяйственное производство необходимы поисковые работы по уточнению химических элементов плодородия почв, спектрального состава биомассы возделываемых растений. Вполне вероятно, что уже сегодня посредством выявления специфики поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами на основе категориально-системного подхода возможно усовершенствование методики почвенно-агрохимического обследования плодородия земель сельскохозяйственного назначения любой почвенно-климатической зоны России, который позволит устанавливать химический элементный состав синтезированной биомассы и на основе корнеоборота накапливать его для любой возделываемой культуры, т.е. формировать нужное плодородие почвы в севообороте.

Ключевые слова: мониторинг сельскохозяйственных угодий, показатели качества почв, прогрессивные системы земледелия

About the content, technologies and results of monitoring of agricultural lands in progressive farming systems

Yu. S. Larionov¹, V. B. Zharnikov¹, L. K. Trubina¹*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: larionov42@mail.ru

Abstract. To date, the search for an optimal system of partial and integral indicators of soil quality remains a problematic task, reflecting the relationship of yield with their fertility and being determined fairly confidently in the process of remote monitoring. In agrochemistry and practical agricul-

ture, it is considered that crop yields are formed mainly due to the mineral elements of the soil itself, the importance of organic matter is determined by its role in the formation of the nutrient regime of the soil based on its mineralization and humification. It is believed that the deterioration of the balance of humus, the carbon content in the soil, the lack of the required combination of elements of mineral nutrition for each crop in specific soil-climatic and agroecological conditions, in certain phases of plant growth and development are the main reasons for the shortage of crops, low stability of agricultural productivity. We believe that for each crop and a variety of agroecological conditions for them, at each moment of time and each phase of plant growth and development, there are their optimal indicators and their ratios. This applies to edaphytic and epiphytic processes, soil biota, its agrophysical and geochemical qualities, properties of the mother lithological basis. In this regard, it seems that in order to widely introduce bio-agriculture into agricultural production, exploratory work is needed to clarify the chemical elements of soil fertility, the spectral composition of the biomass of cultivated plants. It is likely that even today, by identifying the specifics of the absorption of solar radiation by soils and agrocenoses on the basis of a categorical-systematic approach, it is possible to improve the methodology of soil-agrochemical examination of the fertility of agricultural lands of any soil-climatic zone of Russia, which will allow to establish the chemical elemental composition of synthesized biomass and on the basis of root rotation to accumulate it for any cultivated crop, i.e. to form the necessary soil fertility in crop rotation.

Keywords: monitoring of agricultural lands, soil quality indicators, progressive farming systems

Введение

Особую роль в реализации современных задач сельскохозяйственного производства (СХП) играют технологии растениеводства, основанные на прогрессивных концепциях земледелия. Примером здесь является биологическое (органическое) земледелие, минимизирующие техногенные риски масштабного применения минеральных удобрений и химических средств защиты культивируемых растений и определившее новый этап производства «зеленой» продукции в системе экологически безопасного природопользования [1]. Исследованию одного из актуальных аспектов стабилизации почвенного плодородия, до настоящего времени все еще малоизученного, в системе подобного земледелия посвящена настоящая статья, являющаяся продолжением и развитием совместных исследований авторов [2–4], в том числе в отношении используемых методов и материалов.

Методология исследования

Сегодня становится очевидным, что роль СХП в решении природоохранных проблем может быть весьма весомой за счет внедрения принципов биоземледелия и Закона плодородия почв, позволяющих значительно сократить использование сегодняшних энергозатратных технологий и в первую очередь химических удобрений и пестицидов [5].

Опыты показывают, что, используя принципы биоземледелия и закон плодородия почв можно [6] увеличить урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур и качество продукции, снизив себестоимость и повысить эффективность СХП. К наиболее известным факторам, лимитирующим плодородие почвы, относятся показатели типа, состава, свойств и их режимов, снижающие урожай культурных растений и биопродуктивность естественных фитоце-

нозов. В первом приближении их можно обозначить как отклонения от оптимальных показателей. Степень отклонения характеризует уровень лимитирующего фактора и степень корреляции с урожайностью. Теоретической основой исследований факторов, лимитирующих почвенное плодородие, являются законы лимитирующего фактора и совокупного действия и оптимального сочетания факторов жизни растений.

Следует различать общепланетарные лимитирующие факторы, характерные для почв всех природных зон, внутризональные (региональные), характерные для определенных зон и регионов, и местные, характерные для небольших территорий.

К общепланетарным можно отнести: недостаточную обеспеченность элементами питания, повышенную плотность, неудовлетворительную структуру, пониженное содержание легкоразлагаемого органического вещества.

К внутризональным (региональным) – повышенную кислотность, повышенную щелочность, недостаток и избыток влаги, эродированность и дефлированность почв, каменистость, засоленность, солонцеватость и др.

К местным факторам, лимитирующим почвенное плодородие, можно отнести локальное загрязнение почв радионуклидами и тяжелыми металлами, нефтепродуктами, нарушение почвенного покрова горными выработками и др.

Для ряда свойств почв и режимов определены критические уровни показателей, при которых резко ухудшаются другие агрономически важные свойства и режимы почв, резко снижается урожайность посевов и его качество.

В почвах с низким естественным плодородием выделяют освоенные, окультуренные и культурные разности. Освоенные почвы формируются в условиях низкой агротехники, при нерегулярном внесении невысоких доз органических и минеральных удобрений. Окультуренные и культурные – формируются при высокой агротехнике, регулярном внесении органических и минеральных удобрений и проведении необходимых мелиоративных мероприятий (осушение, орошение, известкование, внесение высоких доз торфа, пескование глинистых почв, глинование – песчаных и др.). В результате мероприятий, направленных на устранение лимитирующих факторов, плодородие окультуренных почв существенно выше по сравнению с освоенными аналогами.

Процесс противоположный окультуриванию предложено называть выпахиванием. Выпахивание – снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктурирование, переуплотнение, почвоутомление) в результате использования их при низком уровне поступления источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных остатков) в течение ряда лет. В настоящее время ведутся научные исследования по количественной оценке степени выпаханности. Выпаханными могут быть как освоенные, так и в разной степени окультуренные почвы. В выпаханных почвах наиболее часто проявляется почвоутомление и фитотоксичность почв, резко снижающие урожай растений [7].

Почвоутомление – многофакторное явление, проявляющееся в агроценозах, особенно в условиях монокультуры. А.М. Гродзинский, В.Т. Лобков [8] выделяют следующие причины почвоутомления:

- односторонний вынос питательных элементов, нарушение сбалансированного питания растений;
- изменение физико-химических свойств почв, сдвиг рН;
- ухудшение структуры и водно-физических свойств почв;
- нарушение биологического режима, развитие патогенной микрофлоры (грибков *Fusarium*, *Penicillium* и др., бактерий *Pseudomonas*, некоторых актиномицетов);
- накопление фитотоксичных веществ (колинов) – производных фенолов, хинонов и нафтизина, обуславливающих токсичность почв;
- размножение вредителей и злостных сорняков.

Почвоутомление рассматривается как результат нарушения экологического равновесия в системе почва-растение вследствие одностороннего воздействия на почву культурных растений в пределах монокультуры.

При этом СХП, особенно растениеводство, обладает сильными компенсационными возможностями, обеспечивающими его эффективность в нормальных условиях и позволяющими снизить его потери в кризисных ситуациях. Залогом этого являются природное, усиленное человеком свойство плодородия почв сельскохозяйственных угодий, обуславливающее их использование в качестве главного средства СХП. В отличие от иных средств производства, подверженных физическому и моральному износу, почвы при правильном их использовании не только не снижают своих продуктивных возможностей, но даже увеличивает их, равно как и стоимость земельных участков соответствующий рентный доход и постоянный рыночный спрос [9].

Сельскохозяйственные угодья, в результате, получают новые возможности своей трансформации, обеспечивающие систему их регулирования в отношении структуры посевов и их возможных комбинаций, размеров обрабатываемых площадей, обеспечивающих формирование и рациональное использование современных систем землепользования разного уровня в условиях постоянно возрастающей рыночной конъюнктуры [10, 11]. Специфика учета сельскохозяйственных земель как природного ресурса, используемого в качестве главного средства производства в сельском хозяйстве, требует иных подходов и более широкого перечня.

Подчеркнем, что, несмотря на многочисленные научные исследования и результаты практиков, однозначного ответа на вопрос, что такое почвенное плодородие и чем оно определяется – до сих пор нет. Наши исследования показывают, что основой плодородия почв является синтез биомассы в конкретных агроэкологических условиях, а потому его целесообразно рассматривать через биохимический состав живых организмов (органического вещества почвы), и, конечно, геохимический состав материнской породы и агроэкологические условия играют важную роль в формировании почвенного плодородия, но все же решающая роль

в нем, как и в процессе эволюции самой почвы, играет биомасса (органическое вещество), синтезируемая самими растениями и другой биотой почвы.

В связи с вышеизложенным встает проблема организации и методически правильного осуществления мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения [12]. Согласно Методике [13] расчет показателя почвенного плодородия осуществляется как среднее от суммы соотношений фактических значений четырех агрохимических показателей к их оптимальным значениям по всем типам почв посевных площадей сельскохозяйственных культур в субъекте Российской Федерации. В расчете учитываются следующие агрохимические показатели:

- кислотность почв (рН, ед.);
- содержание гумуса (%);
- содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅, мг/кг почвы);
- содержание обменного калия (K₂O, мг/кг почвы).

При этом, показатель кислотности для щелочных почв рН(H₂O) рассчитывается как соотношение его оптимального значения к фактическому значению, для кислых почв рН(KCl) – фактического к оптимальному.

Одновременно видно, что учет важнейшего фактора плодородия, с нашей точки зрения – баланса органического вещества в Методике полностью отсутствует. Отметим, что и технологически данный вопрос пока не решен.

В этой связи с целью оценки информативности принятых показателей плодородия почв и разработки необходимых предложений на материалах Новосибирской области [14] нами проведены исследования связи урожайности зерновых культур и плодородия почв, представленные в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Оценка корреляционной связи урожайности зерновых культур Новосибирской области с типом почв и рядом показателей их плодородия и агроэкологических условий (1993–2012 гг.)

	Коэффициент корреляций урожайности с показателями плодородия, типом почв и бонитетом	Коэффициент парной корреляции	Характер связи
Урожайность	Запас гумуса	0,444	Слабая (средняя)
	Балл бонитета	0,625	Заметная
	Кол-во осадков	0,333	Слабая
	ГТК (гидротермический коэффициент)	0,146	Практически отсутствует
	Чернозёмы, %	0,175	Практически отсутствует
	Серые оподзоленные, %	0,341	Слабая
	Болотные, %	–0,265	Отрицательная
	Луговые, %	–0,255	Отрицательная
	Солонцы, %	–0,341	Отрицательная

Корреляционная зависимость между урожайностью зерновых культур и показателями плодородия почвы, агроэкологическими условиями в районах Новосибирской агломерации (2014–2017 гг.)

Наименование показателя	Значение корреляции
Калий	0,864
Кислотность солевая	0,837
Фосфор	0,803
Сумма активных температур	0,643
Медь	0,462
Кобальт	0,297
Молибден	0,286
Гумус	0,22
Гранулометрический состав	0,201
Солонцеватость	-0,186
Запасы гумуса в метровом слое	-0,228
Балл бонитета	-0,252
ГТК	-0,542
Кислотность водная	-0,552
Цинк	-0,66
Марганец	-0,926

Установленные парные коэффициенты корреляции (табл. 8 и 9) между урожайностью посевов зерновых культур и типами почв и, характерных для различных агроэкологических зон области, различающихся по агрохимической оценке плодородия, показывают, что степень их влияния на урожайность у большинства почв незначительная. Это связано, по-видимому, с тем, что на урожайность влияют ряд других, не рассматриваемых методикой (запасы продуктивной влаги в метровом разрезе почвы, наличие и других подвижных элементов питания биологическая активность почвы, её водно-физические свойства, сумма активных температур и мн. др.) показателей. На урожайность также влияют урожайные и посевные свойства сортов семян, технологические приемы возделывания зерновых культур, такие как: нормы посева, сроки посева внесение удобрений и другие, значения коэффициентов корреляции с которыми также невысокие и, следовательно, значимость используемых агрохимических и агроэкологических показателей в принятой системе оценки плодородия и бонитета почв также не высока.

В тоже время корреляционная связь между общей надземной биомассой (ц/га) и ее частью, оставляемой в виде сидеральных удобрений или пожнивных остатков и урожайностью зерновых культур в районах Новосибирской агломе-

рации может быть оценена как высокая (0,78). Наиболее значимыми (табл. 2) из принятых показателей плодородия почв и агроэкологических условий являются – содержание подвижных форм фосфора и калия, кислотность солевая (pH_{KCl}), агроэкологический показатель суммы активных температур.

Таким образом, используемые для оценки ПП агрохимические показатели [15, 16] имеют слабую информативность. Для сегодняшнего мониторинга оценки качества почв, в соответствии с требованиями закона плодородия почв и принципами биоземледелия, базовыми должны стать показатели баланса и активности трансформации органического вещества (минерализация, гумификация и др.).

Следовательно, современные подходы к ДЗЗ для осуществления мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, с целью внедрения биоземледелия, требуют [17–19] дальнейшей теоретической и технологической разработки.

Ландшафты лесостепной и степной природных зон подвергаются наиболее интенсивному сельскохозяйственному воздействию и вместе с тем являются наиболее благоприятным ресурсом для развития земледелия, в связи с чем, они находятся в условиях повышенного риска и нуждаются в контроле и грамотном использовании для сохранения своего экосистемного аграрно-природного потенциала. Это связано с тем, что современные технологии производства растениеводческой продукции основаны на химизации (использовании для управления ростом и развитием возделываемых культур и сортов минеральных удобрений и химических средств защиты с болезнями и вредителями, а также сорными растениями), что, как было показано выше, является одной из главных причин деградации почв и экологического загрязнения полей и продукции растениеводства.

Заключение

Для осуществления оперативного контроля за состоянием плодородия почв, находящихся под воздействием интенсивных сельскохозяйственных технологий необходимы новые методы оперативного автоматического мониторинга. В первую очередь это касается высокотехнологичных методов дистанционного зондирования земной поверхности, позволяющих в режиме «онлайн» отслеживать на больших территориях как положительные, так и отрицательные последствия влияния на агроэкологические свойства почв современных агротехнологий.

Вместе с тем, казалось бы, при достаточно широком использовании в народном хозяйстве аэрофото- и космических снимков, в сельском хозяйстве все еще эпизодично применяются точные методы дистантного зондирования плодородия почв и универсальные методики почвенного дешифрирования аэрокосмических снимков для целей точного биоземледелия в конкретных природно-почвенных климатических зонах.

В связи, с этим необходимо для решения этой проблемы расширить поиск и разработку методов оценки потенциального и эффективного плодородия почв, их биологической активности в дополнение к существующим, дискретным по

форме, не достаточно оперативным и трудоемким агрохимическим методам, Кроме того данные ДЗЗ позволят обновить устаревший картографический материала и осуществить режимный мониторинг состояния окружающей среды.

Вполне закономерно, что целью поисковых работ может явиться изучение на основе данных дистанционного зондирования Земли, характера отражения-поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами России, установление наличия и соотношения основных элементов питания и микроэлементов в почве, отражающих её эффективное плодородие для возделываемых культур, что будет способствовать внедрению принципов биоземледелия. Вполне вероятно, что уже сегодня посредством выявления специфики поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами на основе категориально-системного подхода возможно усовершенствование методики почвенно-агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения любой почвенно-климатической зоны России.

Представляется целесообразным использование мультиспектральных космических снимков в целях корректировки почвенных карт; установления наиболее информативных вариантов синтезирования диапазонов космической съемки для выявления комплексности почвенного покрова и составления картограмм для установления мелиоративных мероприятий в системе адресного биоземледелия. В целях широкого внедрения биоземледелия в сельскохозяйственное производство, также необходимы поисковые работы по уточнению спектрального состава диапазонов космической съемки для составления картограмм по основным элементам питания, а возможно и микроэлементам, которые в первую очередь отражают состояние плодородия почв. К тому же эти направления необходимы для совершенствования в Российской Федерации кадастровой оценки земель.

Таковыми, с нашей точки зрения, являются пути усовершенствования методологии ДЗЗ и оперативности решения поставленной цели – оценки плодородия почв, внедрения биоземледелия в нашей стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин Л. В., Кленов Б. М., Леонова В. В. Экология и биология почв. – Омск : ОмГАУ, 2008. – 122 с.
2. Каштанов А. Н. Сохраним и преумножим плодородие земли // Земледелие. – 1999. – № 3. – С. 7–8. 3.
3. Татаринцев Л. М., Татаринцев В. Л., Кирякина Ю. Ю. Организация современного землепользования на эколого-ландшафтной основе : монография. – Барнаул : Изд-во АГАУ, 2011. – 106 с.
4. Конев А. А. Система биологизации земледелия. – Новосибирск : НГАУ, 2004. – 51 с.
5. Ларионов Ю. С. Биоземледелие и закон плодородия почв. – Омск : СГГА, ОмГАУ, 2012. – 207 с.
6. Яшутин Н. В., Дробышев А. П., Хоменко А. И. Биоземледелие (научные основы, инновационные технологии и машины). – Барнаул : АГАУ, 2008. – 191 с.
7. Киреев А. К. Концепция развития систем земледелия Казахстана // Глобальные изменения климата и биоразнообразия : материалы II Международного конгресса. – Алматы : КазНИИЗиР, 2015. – С. 108–112.

8. Ларионов Ю. С. Альтернативные подходы к современному земледелию и наращиванию плодородия почв (новая парадигма) // Вестник СГГА. – 2013. – Вып 1 (21). – С. 49–60.
9. Рунов Б. А., Пильникова Н. Основы технологии точного земледелия: зарубежный и отечественный опыт. – М. : Росинформагротех, 2010. – 120 с.
10. Захарова Н. И. Мониторинг почв земель сельскохозяйственного назначения : сущность, цели и задачи // Вестник ПАГС. – 2012. – № 312. – С. 117–121. 11.
11. Жарников В. Б., Ларионов Ю. С. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения как механизм их рационального использования // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 203–210. и Вестник СГУГиТ, Том 23, № 4, 2018 222
12. Методология системного проведения научных исследований в растениеводстве, земледелии и защите растений: методич. положения / П. А. Гончаров, Г. П. Гамзиков, В. К. Калличкин, А. Ф. Ашмарина, Ю. А. Христов. – Новосибирск : СО РАСХН, 2014. – 77 с.
13. Шагайда Н. И., Узун В. Я. Тенденции развития и основные вызовы аграрного сектора России: аналитич. доклад. – М. : РАНХиГС, 2016. – 82 с.
14. Аграрная реформа в постсоветской России. – М.: Депо, 2015. – 352 с.
15. Красницкий В. М., Шмидт А. Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 7.– С. 34–37.
16. Система показателей оценки экологической емкости агроландшафтов для формирования экологически устойчивых агроландшафтов / Н. П. Масютенко, Н. А. Чуян, Г. И. Бахирев и др.; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2011. – 42 с.
17. Оценка почвенного плодородия по данным дистанционного зондирования / А. А. Савельев, Б. Р. Григорьян, Д. В. Добрынин, С. С. Мухарамина, В. И. Кулагина, И. А. Сахабиев // Ученые записки Казанского университета. – 2012. – Т. 154, кн. 3. – С. 158–172.
18. Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] : приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 24.12.2015 № 664. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
19. Методика расчета почвенного плодородия [Электронный ресурс]: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 06.07.2017 № 32. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

© Ю. С. Ларионов, В. Б. Жарников, Л. К. Трубина, 2022