

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

А.А. Христенко¹, А.П. Нешта²

¹*Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

²*Институт охраны почв Украины, г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Национальная безопасность страны тесно связана с сохранением плодородия почв, поэтому значение агрохимической службы, отвечающей современным требованиям, существенно возрастает.

Агрохимическая паспортизация земель сельскохозяйственного назначения позволяет осуществлять государственный контроль изменения показателей плодородия и загрязнения почв токсичными веществами, достоверно оценить плодородие земель сельскохозяйственного назначения, наблюдать за динамикой показателей плодородия и разрабатывать рекомендации по эффективному, экологически безопасному применению агрохимикатов [1].

Проведенный нами системный анализ имеющихся данных показал, что использование большинства стандартов СССР, устанавливающих методы определения содержания подвижных соединений фосфора и калия, а иногда и азота в почвах Украины, во многих случаях приводит к значительным ошибкам.

Так, например, количество P_2O_5 , экстрагируемого растворами кислот (методы Чирикова или Кирсанова) в пахотном слое экстенсивно используемых почв страны может колебаться от 0,1 (сильнокислые буроземы) до 30 и более мг $P_2O_5/100$ г почвы (черноземы типичные, лугово-черноземные почвы на лессовых породах). При этом параллельное определение фосфора одним из щелочных методов (ISO 11263, Мачигина) или солевым методом (Карпинского–Замятиной) показывает, что реальный фосфатный уровень данных почв соответствует границе между низкой и средней обеспеченностью, то есть 4–6 мг $P_2O_5/100$ г в пересчете на кислотные методы.

То, что последний диагноз достаточно точен, подтверждают эмпирические данные многочисленных полевых опытов: на всех типах пахотных почв, с природным уровнем содержания NPK, эффективность минеральных удобрений, в том числе фосфорных, достаточно высокая.

Высокие требования нормативных документов к точности проведения химического анализа часто обесцениваются несовершенством группировок обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ. Важность данного направления, на наш взгляд, сильно недооценена: имея ошибочные группировки, невозможно получить положительный результат.

Дело в том, что использование, так называемых, «жестких» кислотных, а иногда и щелочных методов, позволяет получить объективную оценку плодородия только тех почв, состав и свойства которых близки к составу и свойствам почв,

на которых проводились исследования по разработке группировок их обеспеченности фосфором или калием.

Можно с большой степенью вероятности утверждать, что для метода Кирсанова данные группировки разрабатывались на почвах оподзоленного ряда России, имеющих значения pH_{KCl} в пределах 4,5–6,8, а также содержание фракции Са–Р 8–10 мг $P_2O_5/100$ г почвы (метод Чанга-Джексона) и содержание физической глины в пределах 44–48 %. Во всяком случае, именно на почвах с такими свойствами использование метода Кирсанова позволяет почти идеально идентифицировать их фосфатное состояние.

Поскольку почвы Украинского Полесья, как правило, характеризуются легким гранулометрическим составом (менее 20 % физической глины), использование в Украине данных группировок обеспеченности почв фосфором и калием по методу Кирсанова ведет к искусственному занижению оценки обеспеченности почв этой зоны элементами питания растений.

Еще более проблематичной задачей является точная диагностика фосфатного состояния черноземных почв зон Лесостепи и Степи. Проблема в том, что черноземы на лессах тяжелого гранулометрического состава содержат повышенное количество апатитоподобных соединений. Большая часть фосфора, содержащегося в этих минералах, растениям недоступна. Тем не менее, этот фосфор частично экстрагируется растворами кислот, в частности 0,5 н уксусной кислотой (ГОСТ 26204–91), что ведет к существенному завышению оценки плодородия этих почв в отношении данного элемента питания [2, 3].

Цель работы – осветить состояние проблемы повышения точности диагностики фосфатного состояния почв Украины на примере Харьковской области.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Харьковская область занимает северо-восточную часть Украины и находится на территории двух природных зон: лесостепной (северо-западная и северная части области) и степной (юго-восточная и южная части). Различия в природных особенностях привели к формированию различных в генетическом отношении почв, а также обусловили значительную пестроту их распространения.

Почвенный покров области включает как почвы оподзоленного ряда (серые лесные, темно-серые оподзоленные, черноземы оподзоленные), так и почвы дернового типа почвообразования (черноземно-луговые, черноземы типичные и обыкновенные).

Методы исследований.

1. Статистически-математический анализ. Анализ и обобщение материалов автоматизированного банка данных агрохимических свойств почв на основе СУБД Access 98. Банк содержит данные анализов около 2000 образцов почв Украины и других стран СНГ и включает как собственные, так и литературные материалы.

2. Вегетационный опыт. Из всех биологических методов только проведение вегетационного опыта позволяет получить объективную сравнительную оценку обеспеченности разных типов почв макроэлементами питания, поскольку при этом в наибольшей степени соблюдается принцип единственного различия.

Изучаемые почвы – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый (Харьковский район), чернозем типичный (Харьковский район) и чернозем обыкновенный (Красноградский район Харьковской области).

Схема вегетационного опыта:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Контроль – без удобрений | |
| 2. $N_{90}K_{90}$ – фон 1 | 6. $N_{90}P_{90}$ – фон 2 |
| 3. Фон 1 + P_{30} | 7. Фон 2 + K_{30} |
| 4. Фон 1 + P_{60} | 8. Фон 2 + K_{60} |
| 5. Фон 1 + P_{90} | 9. Фон 2 + K_{90} |

Повторность вариантов опыта – 3-кратная. Вес почвы в сосуде – 5 кг. Всего 81 сосуд. Тестовая культура – овес на зеленую массу.

3. Химические анализы почв и растений. Анализы проводились согласно нормативным документам Украины (ДСТУ) и ГОСТа СССР. В почвенных образцах определяли: подвижные соединения фосфора по Чирикову (ГОСТ 26204–91), Мачигину (ДСТУ 4114–2002) и Карпинскому-Замятиной (ДСТУ 4727:2007). Определение общих форм азота, фосфора и калия в одной навеске растительного материала проводилось согласно МВВ 31–497058–024–2005.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее, одним из авторов [4], были установлены закономерности зависимости между содержанием апатитов и количеством P_2O_5 , извлекаемой раствором уксусной кислоты. Данная зависимость характеризуется следующим уравнением:

$$Y = 0,56 + 0,40X, \quad r = 0,96, \quad (1)$$

где Y – содержание P_2O_5 по Чирикову, мг/100 г почвы; X – содержание фракции Са–Р, мг P_2O_5 /100 г почвы (метод Chang, Jackson, вариант Аскинази, Гинзбург, Лебедевой).

То есть, увеличение в почве количества высокоосновных фосфатов кальция на 1 мг/100 г почвы искусственно завышает содержание P_2O_5 по Чирикову на 0,4 мг/100 г почвы.

Была предложена поправка на влияние этих соединений, которую можно сделать, используя формулу:

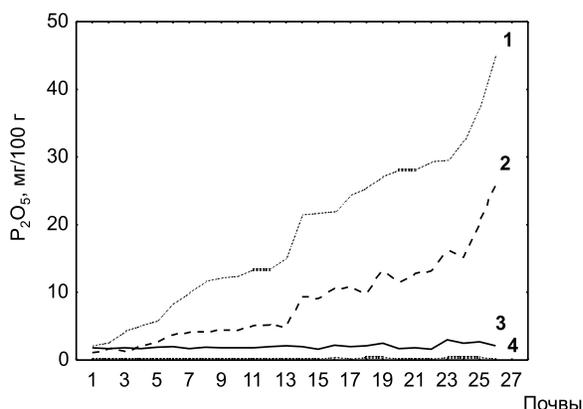
$$Y_p = Y_f + 4,9 - 0,4X, \quad (2)$$

где Y_p – расчетное содержание P_2O_5 , мг/100 г почвы с поправкой на влияние Са–Р; Y_f – фактическое содержание P_2O_5 , мг/100 г почвы, полученное по данным анализа; X – содержание фракции Са–Р, мг/100 г почвы (Chang, Jackson, вариант Аскинази, Гинзбург, Лебедевой).

На рисунке 1 приведены данные о содержании подвижного фосфора (разными методами) в основных типах экстенсивно используемых пахотных почв Украины. При этом содержание P_2O_5 по методу Чирикова (ГОСТ 26204) растет от очень низкого – 1,1 мг/100 г (связно-песчаная дерново-подзолистая почва) до очень высокого – 34,5 мг/100 г (лугово-черноземная тяжелосуглинистая почва).

И это несмотря на многовековую эксплуатацию почв, особенно черноземных, в режиме их постоянного «истощения» и «деградации». В данном случае увеличение содержания P_2O_5 связано именно с увеличением содержания в почвах апатитоподобных соединений. То есть, кислоторастворимый фосфор, во всяком случае, большую его часть, в черноземах типичных и обыкновенных нельзя назвать подвижным (доступным растениям). Это просто определенная часть валового фосфора.

Ранее нами было установлено, что метод Чирикова позволяет получить наиболее объективную оценку фосфатного состояния почв с содержанием фракции Са-Р – 13–15 мг P_2O_5 /100 г и имеющих значения pH_{KCl} в пределах 4,5–6,8.



1 – содержание апатитов (P_2O_5 , фракция Са-Р, метод Chang, Jackson); 2 – содержание P_2O_5 по Чирикову (ГОСТ 26204); 3 – содержание P_2O_5 по Olsen (ДСТУ ISO 11263); 4 – содержание P_2O_5 по Карпинскому–Замятиной (ДСТУ 4727).

Рис. 1. Содержание P_2O_5 в пахотном слое основных неудобренных почв Украины в зависимости от метода определения (стандарта СССР или стандартов Украины): 1–5 – дерново-подзолистые почвы; 6–13 – серые лесные, темно-серые оподзоленные и черноземы оподзоленные; 14–26 – черноземы типичные и обыкновенные.

Поскольку областные филиалы «Института охраны почв Украины» количество апатитоподобных соединений в почвах не определяют, сделать поправку на влияние этого фактора в условиях производства просто невозможно. Поэтому применение кислотного метода Чирикова на почвах аккумулятивного типа почвообразования на лессах и лессовидных суглинках лесостепной и степной зон всегда будет приводить к большим ошибкам.

Вследствие этого, согласно национальному стандарту Украины, сфера использования метода Чирикова ограничена почвами оподзоленного ряда лесостепной зоны. Основные отличия нормативного документа Украины от ГОСТ СССР – это измененная сфера использования метода. Кроме того, целью снижения ошибки определения P_2O_5 и K_2O , в ДСТУ включена таблица с поправками на влияние определенных значений гранулометрического состава почв. Это позволило существенно повысить точность диагностики фосфатного и калийного состояния почв Украины.

Тем не менее, анализ литературных данных показал, что до настоящего времени, для диагностики фосфатного состояния почв дернового типа почвообразования многие исследователи продолжают использовать ГОСТ 26204.

И это несмотря на то, что для оценки фосфатного состояния данных почв, согласно требованиям нормативных документов Украины, следует использовать такие стандарты: ДСТУ 4114 (метод Мачигина), ДСТУ 4727 (метод Карпинского–Замятиной) и ДСТУ ISO 11263 (метод Olsen).

С целью уточнения полученных ранее закономерностей и дальнейшего совершенствования почвенной диагностики в 2012–2014 гг. были проведены дополнительные исследования.

Изучение фосфатного состояния основных почв Харьковской области показало следующее.

Был подтвержден тезис о тесной связи количества P_2O_5 , экстрагируемого из образцов основных почв области раствором 0,5 н уксусной кислотой (ГОСТ 26204–91), с содержанием апатитоподобных соединений. Именно этот фактор и влияет на оценку обеспеченности растений фосфором: по данному методу она искусственно занижена в дерновых оподзоленных супесчаных почвах боровых террас и завышена в пахотном слое черноземов типичных и обыкновенных тяжелого гранулометрического состава (табл.1).

Об этом, в частности, свидетельствуют данные анализов проведенные с использованием так называемых «мягких» методов. Содержание подвижного фосфора, определенного по национальным стандартам Украины (ДСТУ 4114 и ДСТУ 4727) изменялось только в пределах погрешности эксперимента. Это связано с тем, что слабощелочная (рН– 9, метод Мачигина) и солевая вытяжка (рН–5,8, метод Карпинского-Замятиной) не извлекают из почв недоступные растениям соединения фосфора. В пахотном слое неудобренных почв содержание P_2O_5 по данным последнего метода, как правило, находится в пределах 0,02 – 0,025 мг/100 г. Превышение этих значений в пахотном горизонте почв свидетельствует о наличии остаточных фосфатов удобрений.

Таблица 1

**Содержание P_2O_5 в неудобренных пахотных почвах
Харьковской области разного гранулометрического состава
по данным разных методов**

Почвы	Содержание физической глины, %	Содержание P_2O_5 , мг/100 г почвы:			
		по Чангу-Джексону, фракция Са-Р	по Чирикову	по Мачигину	по Карпинскому-Замятиной
Дерновая оподзоленная	14	1,8	0,8	1,7	0,02
Чернозем оподзоленный	24	5,8	2,8	1,6	0,025
Темно-серая оподзоленная	52	12,8	4,5	1,8	0,03
Чернозем типичный	61	22,7	10,8	1,6	0,02
Чернозем обыкновенный	60	28,1	12,2	1,8	0,03

Проведенный перед закладкой вегетационного опыта химический анализ образцов трех черноземных почв Харьковской области показал следующее.

Количество P_2O_5 , извлекаемое по методу Чирикова, резко возрастает с увеличением содержания апатитоподобных соединений (табл. 2). По данным этого метода, обеспеченность фосфором возрастает от низких значений (3,5 мг P_2O_5 /100 г) до высоких (17,8 мг P_2O_5 /100 г). Использование формулы 2 (поправка на содержание фракции Са-Р) позволило установить, что реальная обеспеченность фосфором всех трех почв находится на границе низких и средних значений (4,8–6,4 мг P_2O_5 /100 г).

Содержание P_2O_5 в изучаемых почвах по данным разных методов

Почва	Содержание P_2O_5 , мг/100 г почвы			
	фракция Са-Р	по Чирикову (фактическое)	по Чирикову (расчетное)	по Карпинскому-Замятиной
Чернозем оподзоленный	8,9	3,5	4,8	0,020
Чернозем типичный	21,8	9,0	5,2	0,025
Чернозем обыкновенный	40,8	17,8	6,4	0,038

Анализ почв, проведенный по методу Карпинского-Замятиной подтвердил правильность расчетных значений: фосфатный уровень всех трех почв соответствовал границе низкой и средней обеспеченности этим элементом питания растений.

Тенденция к повышению содержания подвижного фосфора удобрений в черноземе обыкновенном (до 0,038 мг P_2O_5 /кг) связана с наличием незначительного количества остаточных фосфатов удобрений (предыдущей удобренностью). Для сравнения: высокая обеспеченность почв фосфором соответствует значению 0,18 мг P_2O_5 /100 г.

Безусловно, данные химического анализа почв позволяют получить важную информацию о состоянии плодородия почв, но «спросить мнение самих растений» позволяют лишь биологические методы.

Сопоставление данных химического анализа трех почв (контрольные варианты) и количества P_2O_5 , содержащегося в зеленой массе овса, показало следующее.

Резкое увеличение содержания P_2O_5 по методу Чирикова с 3,5 мг/100 г в черноземе оподзоленном, до 17,8 мг/100 г в черноземе обыкновенном, то есть на 14,3 мг/100 г совершенно не отразилось на количестве фосфора, поступившего в растения (рис. 2). Для большей наглядности рисунка содержание P_2O_5 по Чирикову выражено в мг/10 г почвы.

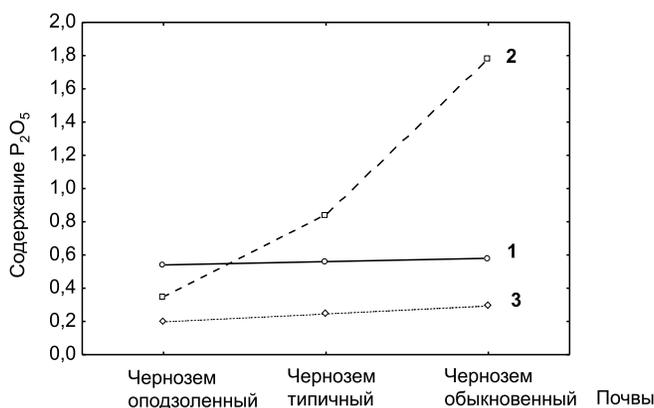


Рис. 2. Содержание фосфора в образцах изучаемых черноземов по данным кислотного и солевого методов, а также содержание P_2O_5 , поступившего в растения овса (вегетационный опыт, вариант 000)

1 – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; 2 – содержание P_2O_5 по Чирикову, мг/10 г почвы; 3 – содержание P_2O_5 по Карпинскому-Замятиной, мг/кг почвы

Вместе с тем, как видно из этого же рисунка, динамика поступления P_2O_5 в растения была практически идентичной динамике содержания фосфора по методу Карпинского-Замятиной.

В результате проведенной статистической обработки полученных данных (корреляционный анализ) установлены закономерности связи между содержанием P_2O_5 в почвах по Чирикову (контрольные варианты трех почв) и поступлением фосфора в растения. Данная зависимость характеризуется следующим уравнением:

$$Y = 0,53 + 0,003X \quad r = 0,82, \quad (3)$$

где Y – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X – содержание P_2O_5 по Чирикову (варианты 000), мг/100 г почвы.

Согласно полученной модели, сдвиг содержания P_2O_5 в почвах (вариант 000) по методу Чирикова на 1 мг P_2O_5 100 г способствовал повышению P_2O_5 в растениях всего на 0,003 %. А при увеличении содержания P_2O_5 в почве на 14,2 мг/100 г (фактическое увеличение) содержание фосфора в растениях повысилось на 0,03 %, при значении $HCP_{0,95}$ равном 0,031 %. То есть, даже несмотря на наличие остаточных фосфатов в черноземе обыкновенном, отмеченное повышение P_2O_5 в растениях находится в пределах ошибки опыта.

Совсем другая закономерность наблюдается на удобренных вариантах опыта (в ряду $P_0, P_{30}, P_{60}, P_{90}$):

$$Y = 0,32 + 0,06X_1 \quad r = 0,93, \quad (4)$$

где Y – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X_1 – содержание P_2O_5 по Чирикову в черноземе оподзоленном (удобренные варианты), мг/100 г почвы.

$$Y = 0,20 + 0,04X_2 \quad r = 0,99, \quad (5)$$

где Y – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X_2 – содержание P_2O_5 по Чирикову в черноземе типичном (удобренные варианты), мг/100 г почвы.

$$Y_4 = -0,84 + 0,08X_3 \quad r = 0,89, \quad (6)$$

где Y – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X_3 – содержание P_2O_5 по Чирикову в черноземе обыкновенном (удобренные варианты), мг/100 г почвы.

Известно, что химические методы четко отражают удобренность почв в отношении фосфора.

На свежееудобренных вариантах всех изучаемых почв сдвиг содержания P_2O_5 на единицу по методу Чирикова повышал содержание фосфора в растениях на 0,04–0,08 %. То есть, в этом случае интенсивность процесса поступления фосфора в растения увеличилась, в среднем, в 20 раз по сравнению с контролем (000). И это несмотря на тот факт, что содержание подвижного фосфора (мг P_2O_5 /100 г) по Чирикову повышалось незначительно: на первой почве – на 1,0, на второй – на 1,3 и на третьей – на 2,2.

Результаты опыта свидетельствует о том, что на неудобренных вариантах типичного и, особенно, обыкновенного черноземов большую часть фосфора,

переходящего в $0,5 \text{ n } \text{CH}_3\text{COOH}$ можно определить как кислоторастворимый фосфор.

Полученные данные еще раз свидетельствуют о том, что метод Чирикова малопригоден для оценки природной обеспеченности черноземных почв дернового типа почвообразования.

При последующем внесении удобрений и накоплении остаточных фосфатов негативное влияние апатитов на оценку обеспеченности данных почв фосфором не исчезнет. Поэтому ранее [5] предлагалось для метода Чирикова принять за оптимальный фосфатный уровень (в зависимости от выращиваемой культуры) накопление $4\text{--}8 \text{ мг } \text{P}_2\text{O}_5/100 \text{ г}$ остаточных фосфатов удобрений сверх природного уровня.

ВЫВОДЫ

Черноземы типичные и обыкновенные на лессовых породах тяжелого гранулометрического состава лесостепной и степной зон Украины содержат повышенное количество апатитоподобных соединений. Вследствие этого использование любых кислотных методов, в том числе ГОСТ 26204 (метод Чирикова), ведет к существенному искусственному завышению оценки фосфатного состояния данных почв.

Для диагностики их фосфатного состояния, согласно требованиям нормативных документов Украины, следует использовать следующие стандарты: ДСТУ 4114 (метод Мачигина), ДСТУ 4727 (метод Карпинского–Замятиной) и ДСТУ ISO 11263 (метод Olsen).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Греков, В.О. Сертифікація ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення // Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21-го століття : Тези доповідей Міжн. наук.-практ. конференції, присвяченої 50-річчю з дня створення Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського / В.О.Греков, Л.В. Дацько, М.І. Майстренко. – Харків: КП Друкарня № 13. – 2006. – С. 3–5.
2. Христенко, А.О. Нормативні та методичні умови підвищення точності діагностики родючості ґрунтів / А.О. Христенко // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 6. – С. 12–15.
3. Проблеми підвищення точності агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / А.О. Христенко [та ін.] // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2012. – Вип. 78. – С. 71–75.
4. Христенко, А.О. Розробка стандарту України на методи визначення рухомих сполук фосфору і калію в ґрунтах / А.О. Христенко // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 6. – С. 9–13.
5. Носко, Б.С. Эволюция показателей почвенного плодородия и их оптимальные параметры в условиях интенсификации земледелия на Украине / Б.С. Носко, А.А. Христенко // Параметры плодородия основных типов почв. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – С. 237–253.

PROBLEMS OF IMPROVING DIAGNOSIS OF SOIL PHOSPHATE STATE

A.A. Khristenko, A.P. Neshta

Summary

As a result of use of complex of methods based on different principles, it is set that acid method of Chirikov (GOST–26204) is of little use for estimation of phosphorus natural supply of chernozems typical and ordinary on loess rocks. For this purpose it is expedient to use weakly alkaliescent or salt methods.

Поступила 09.06.14

УДК 633.13:631.8.022.3:631.445.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСА В ТРАДИЦИОННОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая¹, Е.Н. Богатырева¹, Ю.А. Белявская¹, Т.М. Кирдун¹,
О.М. Бирюкова¹, М.М. Торчило¹, И.Г. Волчкевич², М.И. Жукова²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Институт защиты растений, а.г. Прилуки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всего периода сельскохозяйственной деятельности человек пытался снизить зависимость от окружающей среды и изменить ее в своих целях, зачастую истощая естественные ресурсы, в том числе почвенные. Научно-технический прогресс обеспечил возможность контролировать, управлять многими происходящими в почве процессами. Но в результате массивного техногенного воздействия природа (почва) утрачивает способность к самовосстановлению. Появилась необходимость пересмотреть подходы к применению научных знаний в природной системе. В сельском хозяйстве это привело к созданию органического земледелия, которое предполагает исключение синтетических удобрений и средств защиты растений.

Органическое сельское хозяйство – это система производства, которая поддерживает состояние почв, экосистем и людей. Система базируется на экологических процессах, биологическом разнообразии и циклах с учетом местных природных условий, а также старается избегать методов с неблагоприятными последствиями. Органическое сельское хозяйство сочетает традиции, инновации и научные исследования для получения пользы от окружающей среды, распространения полезных взаимосвязей и хорошего качества жизни для всех, кто вовлечен в эту систему. Органическое сельское хозяйство основывается