

УДК 631.461

DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-1-90-102

ПРОВЕРКА НАБОРА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

*Кулагина В. И., Сунгатуллина Л. М., Рязанов С. С., Хайруллина А. М.,
Шагидуллин Р. Р., Рупова Э. Х.*

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия
E-mail: viksoil@mail.ru*

Изучены возможности интегрального показателя, рассчитанного на основе численности трофических групп микроорганизмов и эколого-трофических индексов, содержания азота и гумуса, для выявления значимых отличий эколого-биологического состояния почв при органическом и традиционном земледелии. Исследования выполнены на серых лесных почвах в Республике Татарстан. Показано, что из 10 исследованных параметров наиболее информативными являлись численность амилотических микроорганизмов, актиномицетов и аммонифицирующих микроорганизмов, наименее информативными – трофические индексы. Интегральный показатель биологического состояния почв (ИПБС) закономерно изменялся в зависимости от уровня антропогенной нагрузки на почвы при использовании для его расчета как 3 самых информативных параметров, так и большего их количества, в том числе и всех 10 исследованных параметров.

Ключевые слова: почва, органическое земледелие, эколого-биологическая оценка, численность микроорганизмов, трофические группы микроорганизмов.

ВВЕДЕНИЕ

Со вступлением в силу с 1 января 2020 г. Федерального закона "Об органической продукции..." ожидается, что органическое земледелие в России начнет развиваться ускоренными темпами [1]. Предназначение органического земледелия заключается не только в том, чтобы обеспечивать население органическими продуктами. Еще одна задача органического сельского хозяйства, изначальная концепция которого подразумевала своеобразную альтернативу традиционному – улучшение и сохранение состояния экосистемы, плодородия почвы, экологических циклов и биоразнообразия.

В связи с предполагаемым ростом количества хозяйств, сертифицируемых как органические согласно российским нормативным документам, поиск способов объективной оценки эколого-биологического состояния почв становится все более актуальной задачей. В настоящий момент четко сформулированные требования к эколого-биологическому состоянию почв, используемых в органическом земледелии, отсутствуют. Соответствующий ГОСТ все еще находится в разработке.

К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков и С. И. Колесников предложили использовать для

оценки эколого-биологического состояния почв при разных видах антропогенного воздействия интегральный показатель биологического состояния почв (ИПБС), при расчете которого используется несколько параметров [2, 3]. Набор параметров может изменяться в зависимости от целей и условий исследования [2].

Исследований по использованию ИПБС для оценки воздействия органического земледелия на почвы в настоящее время очень мало [4]. Набор наиболее подходящих параметров для расчета ИПБС для выявления изменения состояния почв при переходе от традиционного земледелия к органическому также не определен. Поэтому была сделана попытка рассмотреть возможность использования микробиологических и других связанных с ними параметров для оценки эколого-биологического состояния почв при органическом земледелии.

Целью работы было оценить возможности интегрального показателя, рассчитанного на основе численности трофических групп микроорганизмов и эколого-трофических индексов, содержания азота и гумуса, для выявления значимых отличий эколого-биологического состояния почв при традиционном и органическом земледелии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись серые лесные почвы двух фермерских хозяйств Республики Татарстан. Отбор смешанных образцов почв проведен в 2019 г. с полей с традиционной и органической (3–5 лет непрерывной практики) системами земледелия, а также с соседних необрабатываемых фоновых участков. Каждый смешанный образец составлен из 20–40 точечных проб с элементарного участка. Список всех обследованных полей и участков представлен в таблице 1.

Содержание гумуса и общего азота определяли общепринятыми методами.

Определение численности групп микроорганизмов проводилось при помощи посева разведениями почвенных взвесей на плотных питательных средах:

- 1) аммонифицирующих – на мясо-пептонный агар (МПА);
- 2) амилотических – на крахмал-аммиачный агар (КАА);
- 3) актиномицетов – посев также на КАА, но подсчитывались отдельно;
- 4) педотрофных микроорганизмов – на почвенный агар;
- 5) целлюлозоразрушающих микроорганизмов – на агаризованную среду

Гетчинсона;

- 6) микроскопических грибов (микромикетов) – на среду Чапека.

В качестве эколого-трофических индексов были выбраны: 1) коэффициент минерализации и иммобилизации по Е. Н. Мишустину [5]; 2) индекс педотрофности по Никитину [6].

Расчет ИПБС производился по методике, предложенной В. Ф. Вальковым, К. Ш. Казеевым и С. И. Колесниковым [2, 3].

Достоверность разницы между органическими, традиционными полями и фоновыми участками оценивали с помощью теста Данна, $p < 0,05$.

Таблица 1

Перечень обследованных полей

Обозн.	Описание и история
Мамадышский район, близ с. Березовая Поляна	
МЗ16	Органическое. Садовая земляника сорт «Клери». Посадка 2016 года. Без рыхления. Биопрепараты и биогумус фирмы «Сотка зелени».
МЗ17	Органическое. Садовая земляника сорт «Клери». Посадка 2017 года. В 2018 году обработка препаратами «Фитотрикс» + «Фитотонус». Обработка микроудобрением «Биополимик». В 2019 году внесен биогумус.
МТ	Традиционное. Озимая пшеница. Интенсивно применялись гербициды, в последнее время начали применять и бактериальные препараты.
МФ	Фоновый участок на склоне. Луговая растительность, кустарники.
Высокогорский район, близ с. Большие Ковали	
ВТ1	Традиционное. 2015 – картофель, 200-250 кг/га диаммофоски; 2016 – яровая пшеница, 100 кг азофоски при посеве; 2017 – гречиха, 80 кг диаммофоски; 2018 – ячмень, 80 кг азофоски, с подсевом клевера; 2019 – запахан зеленый пар.
ВО1	Органическое. 2015 – картофель; 2016 – гречиха; 2017 – овес с подсевом клевера; 2018 – клевер на сидерат запахан; 2019 – озимая рожь.
ВТ2	Традиционное. 2016–2018 люцерна; 80 кг/га азофоски при посеве; 2018–2019 – озимая рожь, корневая подкормка 120–150 кг аммиачной селитры.
ВО2	Органическое. 2016–2018 люцерна; 2019 – озимая рожь.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели для расчета ИПБС должны соответствовать нескольким критериям: чувствительность, информативность, незначительная переменчивость и незначительная трудоемкость и др. [2]. Однако частью критериев можно пренебречь, если показатель является информативным.

Определение численности трофических групп микроорганизмов методом посева на твердые среды считается трудоемким анализом. В то же время численность трофических групп микроорганизмов, несомненно, является чувствительным параметром, очень быстро реагирующим на изменение внешних условий.

Параметр считается информативным, если коррелирует с уровнем антропогенной нагрузки. В данном случае информативные параметры должны закономерно изменяться в ряду: фоновые участки – органические поля – поля с традиционным земледелием. Желательно, чтобы разница численности микроорганизмов данной трофической группы отличалась на органических и

традиционных полях статистически значимо. Или необходимо выбрать такие группы микроорганизмов, чтобы рассчитанный на их основе интегральный показатель эколого-биологического состояния почв был наиболее информативным.

Проведенные исследования показали, что численность разных трофических групп микроорганизмов по-разному распределяется на органических и традиционных полях.

Численность основных групп микроорганизмов по результатам посева на питательные среды приведена в таблице 2.

Аммонификаторы. В образцах почв, отобранных в Мамадышском районе, наибольшие значения численности аммонификаторов наблюдались для участка с земляникой садовой 2016 г. посадки (МЗ16) – на этом поле численность аммонифицирующих микроорганизмов в 5,5 раз выше, чем на фоновом участке (МФ). По этой причине численность аммонификаторов на поле МЗ16 не использовалось для расчёта интегрального показателя, так как такой всплеск численности, очевидно, является кратковременным ответом на внесение биопрепаратов. Схожий эффект от внесения биопрепаратов отмечался и другими авторами [7, 8].

Таблица 2
Численность групп микроорганизмов в почвах исследованных полей
(среднее ± стандартное отклонение)

	Аммонификаторы 10 ⁶ КОЕ/г	Педотрофы 10 ⁶ КОЕ/г	Амилотитики 10 ⁶ КОЕ/г	Актиномицеты 10 ⁶ КОЕ/г	Целлюлозоразрушающие 10 ⁴ КОЕ/г	Грибы 10 ⁴ КОЕ/г
МЗ16	243,0±56,6	62,2±13,8	20,8±4,3	6,6±3,3	15,8±0,8	15,4±2,9
МЗ17	36,8±3,1	59,2±7,9	16,4±4,7	6,2±1,5	17,5±7,2	8,2±0,2
МТ	28,2±17,1	92,7±25,9	9,5±1,4	6,0±1,7	25,1±7,1	5,7±0,5
МФ	45,8±10,5	25,3±4,1	24,2±0,1	12,7±1,4	5,4±0,6	19,6±3,2
ВТ1	12,2±2,5	18,2±2,5	12,2±0,4	3,7±0,6	10,6±5,0	5,9±5,0
ВО1	24,3±5,9	47,9±0,8	19,5±0,9	6,5±0,9	11,2±4,2	11,8±6,7
ВТ2	23,8±1,8	31,9±8,0	9,9±0,3	3,9±0,7	3,1±2,7	26,3±10,6
ВО2	26,6±3,6	20,9±2,7	17,9±0,3	5,6±1,1	4,4±0,9	13,9±7,2

По сравнению с остальными полями фоновый участок (МФ) характеризуется высоким значением численности аммонифицирующих микроорганизмов (табл. 2). Это согласуется с данными Т.Н. Ажогиной с соавторами, которые также отмечали максимальную численность аммонификаторов при низкой антропогенной нагрузке [9].

Традиционное поле (МТ) характеризовалось в полтора раза более низкой численностью аммонифицирующих микроорганизмов в сравнении с МФ. Участок с

земляникой садовой 2017 г. посадки (МЗ17), возделываемый по принципам органического земледелия, обладал промежуточными значениями между фоном МФ и традиционным полем МТ. То есть, если отбросить данные для поля МЗ16, то средняя численность аммонификаторов в серых лесных почвах фермерского хозяйства Мамадышского района последовательно уменьшалась в ряду: целинный участок – органическое поле – поле с традиционным земледелием. Однако, различия между почвами Мамадышского района по численности аммонификаторов, оказались статистически не значимыми (тест Данна, $p < 0,05$).

Почвы полей Высокогорского района показали более высокую численность аммонификаторов при органическом земледелии без применения минеральных удобрений (ВО1 и ВО2), чем соседние участки с традиционным земледелием (ВТ1 и ВТ2). Обработка результатов также не подтвердила статистической значимости отличий. Возможно, из-за варибельности параметра. Коэффициент вариации в пределах одного поля колебался от 7,4 % (слабое варьирование) до 60 % (значительное варьирование), хотя чаще всего находился в пределах 20–24 % (среднее варьирование) [10].

Педотрофы. Педотрофные микроорганизмы играют важную роль в круговороте углерода, участвуют в разложении органического вещества в почвах [6]. Высокая численность педотрофных микроорганизмов «может косвенно указывать на активные процессы деструкции гумуса» [11]. На необрабатываемых участках их численность обычно бывает ниже. В частности, О. Л. Тонха с соавторами отмечал, что численность педотрофных микроорганизмов убывает в ряду: пашня – целина [12].

Проведенные нами исследования показали, что в серых лесных почвах Мамадышского района численность педотрофных микроорганизмов закономерно убывает в ряду: традиционное поле – органические поля – фоновый целинный участок. Статистическая обработка результатов показала наличие значимых отличий по численности педотрофов только между органическими полями и целинным фоновым участком.

В почвах Высокогорского района численность данной группы микроорганизмов не показала зависимости от типа земледелия (табл. 2).

Коэффициент вариации численности педотрофов в пределах одного поля в большинстве случаев свидетельствует о среднем варьировании признака и колеблется от 12,8 % до 24,9 %, хотя на традиционном поле МТ варьирование сильное, коэффициент вариации составляет 27,9 %.

Амилолитики. Амилолитические микроорганизмы способны использовать минеральный азот почвы, тем самым способствуя его иммобилизации.

В серых лесных почвах Мамадышского района минимальная численность амилолитических микроорганизмов выявлена на поле с традиционным земледелием (МТ), максимальная – на целинном участке (МФ), почвы органических полей занимают промежуточное положение по численности амилолитиков. Достоверных отличий по численности амилолитических микроорганизмов между участками с органическим и традиционным земледелием не выявлено. Зато фоновый участок МФ и поле МТ отличались по этому показателю статистически значимо (тест

Данна, $p < 0,05$). Коэффициент вариации колебался от 14,5 % до 28,9 %, что свидетельствует о средней и высокой вариации признака.

В Высокогорском районе статистическая обработка результатов показала наличие значимых отличий по численности амилитических микроорганизмов между полями с традиционным и органическим земледелием (согласно попарному сравнению по тесту Данна, $p < 0,001$). При этом численность амилитических микроорганизмов на органических полях была выше. Вариация признака слабая, коэффициент вариации находился в пределах 1,5–4,7 %.

Актиномицеты. В серых лесных почвах Мамадышского района численность актиномицетов на полях с традиционным и органическим земледелием статистически значимо ниже численности на целинном участке ($p < 0,05$). Это согласуется с данными Churkina et. al., которые также отмечали, что численность актиномицетов выше на необрабатываемых участках [13]. При этом в Мамадышском районе не было выявлено статистически значимых отличий по численности актиномицетов между обрабатываемыми полями с разными системами земледелия. Коэффициент вариации признака колеблется от 11,1 % до 50,3 %

Почвы Высокогорского района характеризовались статистически более высокой численностью актиномицетов при органическом земледелии в сравнении с полями с традиционным земледелием. Коэффициент вариации от 14,2 % до 19,3 %, что свидетельствует о среднем варьировании.

Целлюлозоразрушающие. В Мамадышском районе самая низкая численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов наблюдалась в почве на необрабатываемом участке МФ – в 5 раз ниже, чем на участке с традиционным земледелием МТ и в 3 раза меньше, чем на органических полях с земляникой садовой М316 и М317. Различия между целинным участком МФ и полями значимы при $p < 0,05$. Коэффициент вариации от 5,1 % до 40,1 %.

Поля фермерских хозяйств Высокогорского района по численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов статистически значимо друг от друга не отличались. По-видимому, из-за высокой вариабельности признака. Коэффициент вариации от 20,2 % до 84,8 %. Самый высокий отмечен на поле с традиционным земледелием.

Поскольку численность целлюлозоразрушающих и педотрофных микроорганизмов, в отличие от всех остальных параметров, имела обратную корреляцию с уменьшением уровня антропогенной нагрузки, то для расчета ИПБС было решено использовать не просто балл, полученный по численности данных групп микроорганизмов, а инвертированную величину «100 – балл».

Микромицеты. Микромицеты являются активными деструкторами органических остатков, но при этом чувствительны к недостатку кислорода в почвах [14].

В почвах Мамадышского района численность микроскопических грибов последовательно возрастала в ряду: МТ < М317 < М316 < МФ. То есть численность микромицетов при возделывании ягодных культур по органической технологии способствует приближению показателя к значениям фона. Причем различия между традиционными и органическими полями по численности микромицетов

статистически значимы, также как между ними и целинным фоновым участком. Коэффициент вариации от 2,4 % до 19,2 %.

Сравнение численности микромицетов на органических и традиционных полях с зерновыми культурами Высокогорского района не выявило ни четкой закономерности, ни статистически значимой разницы. Коэффициент вариации признака от 40,4 % до 84,8 %, что говорит о значительном варьировании.

Коэффициент минерализации/иммобилизации. Коэффициент минерализации-иммобилизации рассчитывается как соотношение численности амилотических и аммонифицирующих почвенных микроорганизмов [5]. В исследованных почвах Мамадышского района коэффициент минерализации/иммобилизации возрастал в ряду МЗ16 < МТ < МЗ17 < МФ, что не позволяет говорить о какой-либо четкой закономерности (рис. 1). В почвах Высокогорского района также не наблюдается закономерности в распределении величины коэффициента минерализации по полям с органическим и традиционным земледелием, коэффициент возрастает в ряду: ВТ2 < ВО2 < ВО1 < ВТ1.

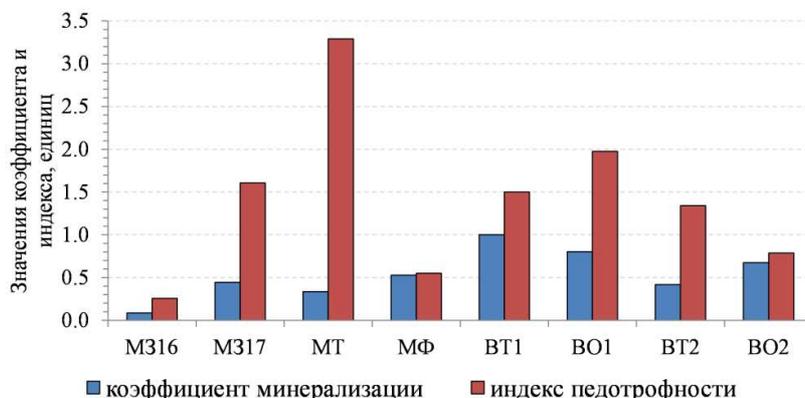


Рис. 1. Коэффициент минерализации и индекс педотрофности.

Индекс педотрофности. Индекс педотрофности по Никитину показывает соотношение педотрофных и аммонифицирующих микроорганизмов. Считается, что, чем он больше, тем больше приближена почва к состоянию естественного биогеоценоза [6]. При этом на обследованных полях данный индекс показал противоречивую картину. На полях Мамадышского района он возрастал в ряду: МЗ16 < МФ < МЗ17 < МТ. На полях Высокогорского района: ВО2 < ВТ2 < ВТ1 < ВО1.

Содержание гумуса и общего азота редко используются для расчета интегрального показателя эколого-биологического состояния почв, но все же используются, поскольку они напрямую связаны с деятельностью живых организмов почвы, и их содержание принимается во внимание при оценке ее благополучия и уровня плодородия.

Гумус. Содержание гумуса в исследованных серых лесных почвах Высокогорского и Мамадышского районов РТ колеблется от 1,8 до 4,5 %, то есть

согласно агрохимической группировке от очень низкого до высокого, при среднем значении 3,1 % (рис. 2).

Переход к органической системе земледелия со временем должен приводить к стабилизации эколого-биологического состояния агроэкосистемы, и постепенному накоплению гумуса в верхнем горизонте. Через 16 лет применения органической системы земледелия содержание гумуса в пахотных почвах приближается к показателям фоновых почв [4]. Но через 3–4 года использования органической системы земледелия в исследованных нами хозяйствах нет достоверной разницы по содержанию гумуса между участками с органическим и традиционным земледелием (тест Данна, $p < 0,05$).

Азот общий. Содержание общего азота в целом повторяет закономерности распределения гумуса (рис. 2). Коэффициент корреляции по Пирсону между этими параметрами равен 0,78. Содержание общего азота в почвах Мамадышского района статистически значимо выше на целинном участке в сравнении с обрабатываемыми полями МЗ16, МЗ17 и МТ. В почвах обоих районов разница по содержанию общего азота между органическими и традиционными полями статистически незначима.

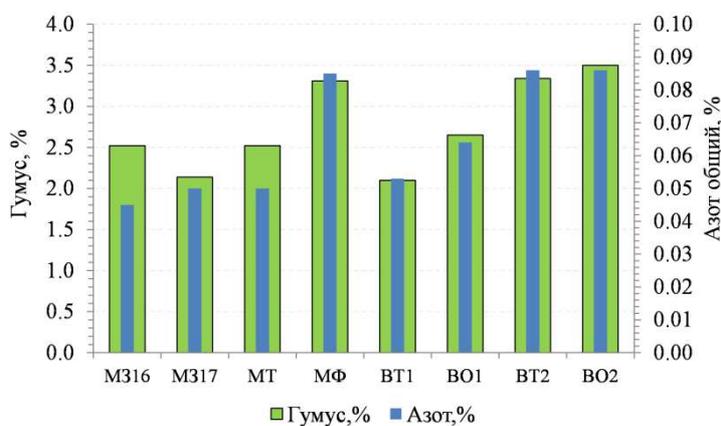


Рис. 2. Содержание гумуса и азота.

При проверке исследованного нами набора параметров для расчета ИПБС мы исходили из гипотезы, что при органическом земледелии эколого-биологическое состояние почвы постепенно улучшается и приближается к состоянию естественных (фоновых) почв. То есть микробиологические и связанные с ними параметры закономерно изменяются в ряду: целинные участки – органические поля – традиционные поля. Такая закономерность прослеживалась для серых лесных почв фермерских хозяйств обоих районов РТ для трех трофических групп микроорганизмов: аммонифицирующих, амилолитических и актиномицетов. Численность педотрофов, целлюлозоразрушающих микроорганизмов и микромицетов закономерно изменялась в почвах Мамадышского района, но не было обнаружено закономерности в их распределении на органических и традиционных полях Высокогорского района.

Эколого-трофические индексы оказались не информативны для разделения почв полей с органическим и традиционным земледелием. Чуть лучше проявили себя такие параметры как содержание гумуса и общего азота.

Проведенные исследования показали, что микробиологические и связанные с ними параметры по информативности разделения органических и традиционных полей можно расположить в следующий ряд: численность амилोलитиков и актиномицетов > численность аммонификаторов > численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, педотрофов, микромицетов > содержание гумуса, общего азота > индекс педотрофности, коэффициент минерализации/иммобилизации.

Интегральный показатель. Интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС) первоначально был рассчитан по всем десяти исследованным параметрам (табл. 3). Далее мы постепенно убрали наименее информативные. Сначала индекс педотрофности и коэффициент минерализации, затем содержание гумуса и азота и так далее.

При использовании всех 10 параметров интегральный показатель (ИПБС) закономерно изменялся в ряду: целинный фоновый участок – органические поля – традиционные поля. Максимальное значение интегрального показателя биологического состояния наблюдалось на целинном участке, который отличается самым лучшим биологическим состоянием почв, на органических полях значения интегрального показателя ниже, а на традиционных полях – самые низкие. При последовательном уменьшении количества параметров эта закономерность не изменяется. Самые высокие значения интегрального показателя всегда наблюдаются на целинном участке – 100 %. Самые низкие – в почвах полей с традиционным земледелием. Обработка результатов показала, что отличия почв органических и традиционных полей по ИПБС статистически значимы в Мамадышском районе при использовании 8 параметров, в Высокогорском – 3 параметров для расчета ИПБС.

Таблица 3

**Значения интегрального показателя эколого-биологического состояния для
серых лесных почв Республики Татарстан (среднее ± ошибка среднего)**

	По 10 параметрам	По 8 параметрам	По 6 параметрам	По 3 параметрам
МФ	100,0±0,7	100,0±0,9	100,0±1,8	100,0±9,8
МТ	59,9±1,3	47,1±3,4	39,6±4,5	49,2±15,4
МЗ17	67,3±2,3	61,0±2,9	60,7±4,6	65,6±6,8
МЗ16	60,3±2,9	64,8±3,3	64,7±6,5	68,9±8,6
ВТ1	67,7±2,2	55,7±0,1	53,0±0,1	35,4±0,8
ВО1	79,9±5,9	69,1±3,1	65,9±4,2	61,4±0,4
ВО2	85,8±2,6	82,0±3,7	74,2±5,0	58,7±3,6
ВТ2	81,9±2,9	78,3±2,7	69,9±3,6	41,2±2,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуемые параметры располагались в следующий ряд по информативности для разделения почв органических и традиционных полей: численность амилитиков и актиномицетов > численность аммонификаторов > численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, педотрофов, микромицетов > содержание гумуса, общего азота > индекс педотрофности, коэффициент минерализации/иммобилизации.

Вариабельность численности трофических групп микроорганизмов в основном средняя и высокая, что согласуется с данными К. Ш. Казеева с соавторами [2].

Значения исследуемых параметров, кроме численности педотрофных и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, увеличивались в ряду: почвы традиционных полей < почвы органических полей < целинные почвы. Численность педотрофов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, наоборот, уменьшалась от традиционных полей к целинным участкам.

ИПБС отражал уровень антропогенной нагрузки на почвы при использовании для его расчета как 3 самых информативных параметров, так и большего их количества, в том числе и всех 10 исследованных параметров. Статистически значимые отличия интегрального показателя наблюдались для почв органических и традиционных полей Мамадышского района при использовании 8 наиболее информативных параметров, для почв Высокогорского района – 3 параметров.

Таким образом, для выявления изменений в биологическом состоянии почв при переходе от традиционного земледелия к органическому уже через 3–5 лет практики достаточно 3–8 наиболее информативных микробиологических и агрохимических параметров. Тем не менее, поиск менее трудоемких и менее вариабельных параметров для расчета ИПБС должен быть продолжен.

Список литературы

1. Федеральный закон "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 03.08.2018 N 280-ФЗ.
2. Казеев К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. – 260 с.
3. Казеев К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
4. Кольцова Т. Г. Сравнительная характеристика свойств выщелоченного чернозема при конверсионном и органическом земледелии / Т. Г. Кольцова, А. А. Андреева, Л. М. Сунгатулина, К. Е. Лемазин // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – № 1. – С. 44–48.
5. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы / Е. Н. Мишустин – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 342 с.
6. Титова В. И. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества / В. И. Титова, А. В. Козлов. – Нижний Новгород: Нижегородская с.-х академия, 2012. – 64 с.
7. Дайнеко Н. М. Численность микроорганизмов при использовании биопрепарата Полибакт на пожнивных остатках кукурузы / Н. М. Дайнеко, И. И. Концевая, С. Ф. Тимофеев, М. С. Козел // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 11. – С. 12–16.
8. Подковырова К. С. Микрофлора почвы под козлятником восточным третьего года жизни / К. С. Подковырова, Н. Н. Наплекова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 300–307.

9. Ажогина Т. Н. Численность основных физиологических групп микроорганизмов в почвах рекреационных зон / Т. Н. Ажогина, М. В. Долженко, Л. Н. Илюшкина // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2017. – № 6–2. – С. 253–256.
10. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш.шк., 1990. – 352 с.
11. Горовцов А. В. Показатели структуры микробиоценоза почв г. Ростова-на-Дону как инструмент мониторинга состояния антропогенно преобразованных почв / А. В. Горовцов, А. В. Полякова, В. В. Внуков // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 89. – С. 303–315.
12. Тонха О. Л. Микробная трансформация органического вещества черноземов лесостепи и степи Украины при различном их использовании / О. Л. Тонха, А. Д. Балаев, В. Н. Недбаев // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2014. – № 4. – С. 50–54.
13. Churkina G. The taxonomic composition of soil microorganisms in the ecosystems of southern chernozems of Northern Kazakhstan / G. Churkina, K. Kunanbayev, G. Akhmetova // *Applied Innovations and Technologies*. – 2012. – V. 8. – № 3. – P. 13–19.
14. Кулагина В. И. Выбор микробиологических показателей для выполнения интегральной эколого-биологической оценки почв при переувлажнении / В. И. Кулагина, Л. М. Сунгатуллина, Р. М. Тагиров, С. С. Рязанов, А. М. Хисамова // *Принципы экологии*. – 2019. – № 4. – С. 45–56.

ASSESSMENT OF THE SET OF PARAMETERS FOR AN INTEGRAL EVALUATION OF AN ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STATE OF SOILS IN ORGANIC AGRICULTURE

***Kulagina V. I., Sungatullina L. M., Ryazanov S. S., Khayrullina A. M.,
Shagidullin R. R., Rupova E. H.***

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of
Sciences, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia
E-mail: viksoil@mail.ru*

Organic farming is designed to maintain soil fertility and to assist biodiversity restoration. Developing of methods for assessment of ecological and biological state of soil under organic agriculture is becoming an increasingly urgent task. The purpose of the current work is to evaluate the capabilities of an integrated indicator to identify significant differences in ecological and biological soil states under organic and traditional farming management. The proposed integral indices were calculated on the basis of the number of trophic groups of microorganisms, ecological and trophic indices, and nitrogen and humus soil content.

The studies were performed on gray forest soils of the two farms located in the Mamadyshsky and Vysokogorsky districts of the Republic of Tatarstan. The soils of fields with traditional farming and fields where the organic farming system has been used for 3–5 years were compared. In the samples taken in 2019, the following parameters were determined: the content of humus and total nitrogen, the number of 6 trophic groups of microorganisms, the coefficient of mineralization, and the index of pedotrophy.

The studied parameters were ranked in the following order of informativeness for separating soils of organic and traditional fields: the number of amylolytics and

actinomycetes > the number of ammonifiers > the number of cellulose-decomposing microorganisms, pedotrophs, micromycetes > the content of humus, total nitrogen > the index of pedotrophy, the coefficient of mineralization / immobilization. The variability in the number of trophic groups of microorganisms is generally medium and high. The values of the studied parameters, in addition to the number of pedotrophic and cellulose-destroying microorganisms, increased in the following order: soils of traditional fields < soils of organic fields < virgin soils. The number of pedotrophs and cellulose-destroying microorganisms, on the contrary, decreased from traditional fields to virgin areas, therefore, to calculate the integral indicator of the biological state of soils (IPBS), it was decided to use not just the point obtained from the number of these groups of microorganisms, but the inverted value "100 – point".

The calculation of the integral indicator of the biological state of soils was carried out first using all 10 studied parameters, and then 8, 6, and 3 of the most informative ones. The least informative ones were excluded from the calculation. It was shown that the IGBP reflected the level of anthropogenic loads in all cases.

When all 10 parameters were used, the integral indicator changed naturally in the following order: virgin background area – organic fields – traditional fields. The maximum value of the integral indicator of the biological state was observed in the virgin area, which is distinguished by the best biological state of soils, in organic fields the values of the integral indicator are lower, and in traditional fields – the lowest. With a sequential decrease in the number of parameters, this pattern does not change. The highest values of the integral indicator are always observed in the virgin area – 100 %. The lowest are found in the soils of fields with traditional farming. The processing of the results showed that the differences between the soils of organic and traditional fields according to the IPBS were statistically significant in the Mamadyshsky district using 8 parameters, in Vysokogorsky – 3 parameters for calculating the IPBS.

Thus, in order to identify changes in the biological state of soils during the transition from traditional to organic farming after 3–5 years of practice, 3–8 of the most informative microbiological and agrochemical parameters are sufficient. Nevertheless, the search for less labor-consuming and less variable parameters for calculating the IPBS should be continued.

Keywords: soil, organic farming, ecological and biological assessment, the number of microorganisms, trophic groups of microorganisms.

References

1. Federal Law «On Organic Products and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation» dated 03.08.2018 N 280-ФЗ.
2. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. *Biодiagnostics of soils: methodology and research methods*. 260. (Publishing House of the Southern Federal University, 2012).
3. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Valkov V. F. *Biological diagnostics and indication of soils: methodology and research methods*. 216. (Publishing House of the RSU, 2003).
4. Koltsova T. G., Andreeva A. A., Sungatullina L. M., Lemazin K. E. Comparative characteristics of the properties of leached chernozem in conversion and organic farming, *Russian Journal of Applied Ecology*, **1**, 44 (2015).
5. Mishustin E. N. *Microorganisms and soil fertility*, 342. (Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1956).

6. Titova V. I., Kozlov A. V. *Methods for assessing the functioning of soil microbiocenosis involved in the transformation of organic matter*, 64. (Nizhny Novgorod Agricultural Academy, 2012).
7. Daineko N. M., Kontsevaya I. I., Timofeev S. F., Kozel M. S. The number of microorganisms when using the biological product Polybact on corn residues, *Actual problems of the humanities and natural sciences*, **11**, 12 (2019).
8. Podkovyrova K. S., Naplekova N. N. Microflora of the soil under the eastern goat's rue of the third year of life, *Fruit growing and berry growing in Russia*, **30**, 300 (2012).
9. Azhogina T. N., Dolzhenko M. V., Ilyushkina L. N. The number of the main physiological groups of microorganisms in the soils of recreational zones, *International Journal of Applied and Basic Research*, **6**, 253 (2017).
10. Lakin G. F. *Biometrics*, 325. (Higher school, 1990).
11. Gorovtsov A. V., Polyakova A. V., Vnukov V. V. Indicators of the structure of soil microbiocenosis in Rostov-on-Don as a tool for monitoring the state of anthropogenically transformed soils, *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 89, 303 (2013).
12. Tonha O. L., Balaev A. D., Nedbaev V. N. Microbial transformation of organic matter of chernozems of the forest-steppe and steppe of Ukraine with their various uses, *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, **4**, 50 (2014).
13. Churkina G., Kunanbayev K., Akhmetova G. The taxonomic composition of soil microorganisms in the ecosystems of southern chernozems of Northern Kazakhstan, *Applied Innovations and Technologies*, **8**, 13 (2012).
14. Kulagina V. I., Sungatullina L. M., Tagirov R. M., Ryazanov S. S., Khisamova A. M. The choice of microbiological indicators for the implementation of an integrated ecological and biological assessment of soils during waterlogging, *The principles of ecology*, **4**, 45 (2019).