

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ
ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**
Р. М. Сабирова, И. Х. Вафин, А. А. Абрамова, Р. И. Сафин

Реферат. В работе приведена оценка состояния почвы после уборки сельскохозяйственных культур (зерновые, зернобобовые, технические, многолетние травы) на опытных полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ в производственных посевах. Исследования проводились в 2022 году, который характеризовался значительными различиями по условиям увлажнения в период вегетации растений (первая половина вегетации влажная, вторая – засушливая). Все участки располагались на высококультуренной, серой лесной, среднесуглинистой почве. Комплексная оценка почв проводилась с использованием методов агрофизических исследований почв и методов почвенной биологии. Для оценки состояния биологии почвы учитывались численность микроорганизмов, Простейших и нематод. Одновременно определяли фитотоксичность почв для модельных растений. Анализ накопления в почве доступной воды и доли агрономически ценных агрегатов показал, что максимальные значения были после горчицы. После данной культуры отмечалось снижение показателей плотности сложения почвы. Ухудшение агрофизических свойств почвы отмечалось после яровых зерновых культур. Был установлен выраженный фитотоксичный эффект почвенных вытяжек после ярового ячменя, гороха и картофеля в отношении тест-растения салата. Аналогичный эффект в отношении тест-растения пшеницы отмечался после картофеля. Улучшение агрофизических свойств, низкой фитотоксичности и подавления развития фузариозных грибов среди изучаемых культур преимущество отмечалось для горчицы сарептская. После гороха отмечалось увеличение количества в почве бактерий рода Азотобактер, а после зимой пшеницы отмечалось увеличение в почве численности инфузорий. Полученные результаты подтвердили различия по состоянию почв после различных сельскохозяйственных культур, что необходимо учитывать при подборе предшественников в севообороте.

Ключевые слова: земледелие, сельскохозяйственные культуры, оценка почв, агрофизические свойства, почвенная биология, предшественники.

Введение. Почва представляет собой сложную динамическую систему, изменяющуюся в зависимости от различных причин в течение времени [1]. Для комплексной оценки состояния почвы используются различные показатели, характеризующие те или иные ее фазы – твердую, жидкую, газообразную и живую [2, 3, 4]. Особое значение такая оценка имеет для почв сельскохозяйственного назначения, в том числе и для характеристики её плодородия [5, 6, 7].

Вместе с тем, согласно нормативным документам [8], основное внимание для оценки почв сельскохозяйственного назначения используются лишь агрохимические параметры. Однако для целей эффективного управления почвенными ресурсами возникает необходимость в исследовании не только данных показателей, но и других параметров, характеризующих те или иные свойства почвы, т.е. проведение интегрированной или комплексной оценки [9, 10].

Особое значение данный подход имеет при разработке научно-обоснованных севооборотов, в которых необходимо адаптировать схемы чередования культур с конкретными агробиологическими особенностями с почвенными особенностями полей [11, 12]. Данный подход позволяет оценить предшественники и подобрать наиболее эффективные подходы к разработке системы севооборотов для сельскохозяйственных предприятий.

Для комплексной оценки сельскохозяйственных почв, наряду с агрохимическими показателями, активно используются

показатели характеризующие их агрофизические параметры [13], микробиологическую и ферментативную активность [14, 15], почвенные зоологические компоненты [16]. В связи с этим, возникла необходимость в комплексной оценке состояния почв после уборки различных сельскохозяйственных культур в условиях серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2022 году на территории опытных полей Агробиотехнопарка (АБТП) Казанского ГАУ. После уборки урожая, в производственных опытах проводился отбор почвенных проб по стандартным методикам. В пробах определялись агрофизические свойства почвы согласно общепринятым в земледелии методам [17].

Изучение фитотоксичности почвы проводили методом проращивания тест культур на водной вытяжке из изучаемых образцов почвы [18]. Выделение грибов проводился твердых питательных средах Чапека и Сабуро. Определение численности почвенных простейших и нематод осуществлялся согласно рекомендованным методикам [19]. Отбор проб шел по следующим полям (табл.1).

Все поля размещались в одном земельном массиве, площадью 200 га.

Почва опытных участков – серая лесная среднесуглинистая, высококультуренная, отличающаяся близкой к нейтральной кислотностью, средним содержанием гумуса, повышенным содержанием подвижных форм фосфора и обменного калия.

Таблица 1 – Характеристика участков отбора проб почвы в опытах

№ поля	Культура	Площадь, га
1	Ячмень яровой (сорт Раушан)	10
2	Чистый пар	6
3	Озимая пшеница (сорт Универсиада)	17
4	Картофель (сорт Регги)	6
5	Ячмень яровой (сорт Раушан)	50
6	Яровая пшеница (Тулайковская Надежда)	50
7	Горчица сарептская (сорт Ника)	5
8	Горчица сарептская (сорт Юнона)	5
9	Горчица сарептская (сорта Горлинка)	5
10	Горох (сорт Усатый кормовой)	19
11	Люцерна 3 год пользования (сорт Гюзель)	2

Результаты и обсуждения. Результаты оценки агрофизических параметров по различным культурам представлены в таблице 2.

Во второй половине вегетации 2022 года отмечались острозасушливые явления, что оказало негативное влияние на содержание продуктивной влаги в почве. Результаты оценки данного показателя показали, что наибольшее накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы отмечалось после горчицы сорта Горлина поздняя (107,62 мм), а минимальные значения (76,7 мм) были после люцерны. С точки зрения плотности сложения почвы, значительные преимущества показали

варианты с горчицей сортов Юнона и Горлинка поздняя, в которых данный показатель был минимальны (1,17 г/см³). Наибольшее уплотнение почвы происходило в вариантах с чистым паром (по всей видимости высокие температуры в июле-августе оказали привели к уплотнению в данном варианте), а также после яровой пшеницы и ярового ячменя. С точки зрения содержания в почве агрономически ценных агрегатов, выделялись варианты с озимой пшеницей и горчицей сорта Юнона.

Оценка фитотоксичности почвы показала, что между вариантами существуют значительные отличия (табл. 3).

Таблица 2 – Агрофизические параметры почвы после уборки различных сельскохозяйственных культур, 2022 г

Культура	Запас продуктивной влаги в слое 0-100 см	Плотность сложения почвы, г/см ³	Содержание агрегатов 0,25-10 мм в % от массы воздушно-сухой почвы (сухое просеивание)
Ячмень	85,28	1,38	52,14
Чистый пар	102,56	1,57	43,16
Озимая пшеница	100,30	1,29	80,81
Картофель	86,68	1,33	60,65
Ячмень	76,76	1,30	60,25
Яровая пшеница	83,80	1,35	68,42
Горчица (сорт Ника)	101,42	1,23	64,08
Горчица (сорт Юнона)	92,48	1,17	82,05
Горчица (сорт Горлинка поздний)	107,62	1,17	60,05
Горох	84,24	1,26	69,45
Люцерна	76,70	1,21	73,94
НСР ₀₅	2,91	0,06	1,17

Оценка фитотоксичности почвы показала, что между вариантами существуют значительные отличия (табл. 3).

Результаты оценки показали, что в отношении двудольного тест-растения (салат) после всех сельскохозяйственных культур, водная вытяжка из почвы несколько снижала лабораторную всхожесть.

Однако минимальная снижение отмечалось после всех сортов горчицы, причем для сорта Юнона показатели были значительно выше (93%), чем для всех других культур. После

ярового ячменя, картофеля и гороха отмечался значительный фитотоксичный эффект в отношении растений салат (лабораторная всхожесть 21-39%). Одной из возможных причин такого явления может быть последствие гербицидов, которые применялись на данных культурах.

Изучение фитотоксичности на тест-растениях пшеницы показал, что вытяжки из почвы после чистого пара, горчицы и люцерны повышали всхожесть семян пшеницы, т.е. обладали стимулирующим эффектом.

АГРОНОМИЯ

В тоже время, в вытяжке почвы после картофеля величина всхожести семян пшеницы упала в 1,37 раза к показателям контроля,

что также может быть обусловлено последствием почвенных гербицидов, применяемых на данной культуре.

Таблица 3 – Результаты оценки фитотоксичности почвы после уборки различных сельскохозяйственных культур, 2022 г

Культура	Лабораторная всхожесть семян тест-растений в водной вытяжке из почвы, %	
	салат	яровая пшеница
Чистая вода (стандарт)	95,0±4,5	90,0±3,7
Ячмень яровой	21,0±1,1	82,0±2,8
Чистый пар	73,0±1,9	95,0±3,1
Озимая пшеница	66,0±4,5	87,5±4,0
Картофель	39,0±0,9	65,5±3,2
Ячмень яровой	69,0±2,5	85,0±4,5
Яровая пшеница	51,0±1,5	85,0±2,5
Горчица (сорт Ника)	77,0±2,7	85,0±3,3
Горчица (сорт Юнона)	93,0±3,1	93,0±4,1
Горчица (сорт Горлинка поздний)	83,0±4,1	92,5±4,6
Горох	38,0±1,1	85,0±3,2
Люцерна	61,0±2,2	92,0±3,3

Почвенные микроорганизмы представлены различными группами и видами. В качестве индикаторов состояния почвы были выбраны

свободные азотфиксирующие бактерии рода *Azocobacter* и фитопатогенные грибы рода *Fusarium* (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты оценки микробиологического состояния почвы после уборки различных сельскохозяйственных культур, 2022 г

Культура	Микроорганизмы	
	<i>Azocobacter spp.</i> , x10 ⁵ КОЭ/г почвы	<i>Fusarium spp.</i> , x10 ³ КОЭ/г почвы
Ячмень яровой	0,3±0,02	1,0±0,06
Чистый пар	1,0±0,04	1,1±0,04
Озимая пшеница	1,2±0,05	0
Картофель	0,5±0,01	1,1±0,05
Ячмень яровой	1,3±0,06	1,3±0,07
Яровая пшеница	0	6,0±0,21
Горчица (сорт Ника)	0,2±0,009	0
Горчица (сорт Юнона)	1,1±0,02	0
Горчица (сорт Горлинка поздний)	0,2±0,01	0
Горох	2,6±0,08	1,2±0,08
Люцерна	1,0±0,05	4,1±0,12

Таблица 5 – Результаты зоологического анализа состояния почвы после уборки различных сельскохозяйственных культур, шт./г почвы, 2022 г

Культура	Группа животных	
	Простейшие (инфузории)	Почвенные нематоды
Ячмень яровой	140±6	0
Чистый пар	260±11	0
Озимая пшеница	320±14	10±0,4
Картофель	180±6	10±0,7
Ячмень яровой	120±4	10±0,5
Яровая пшеница	160±6	40±1,6
Горчица (сорт Ника)	220±8	70±2,4
Горчица (сорт Юнона)	200±10	30±1,6
Горчица (сорт Горлинка поздний)	200±12	30±1,1
Горох	200±7	10±0,2
Люцерна	200±9	40±1,4

Азотфиксирующие бактерии рода *Azocobacter* отличаются высокой требовательностью к состоянию почв, что позволяет

использовать показатель их численности для оценки. Максимальная их численность отмечалась после гороха, а после яровой пшеницы

они отсутствовали.

Фузариозные грибы (*Fusarium*) относятся к числу наиболее важных микромицетов, вызывающих болезни растений, в первую очередь корневые гнили. Полученные результаты показали, что во всех вариантах после горчицы и после озимой пшеницы в почве данные патогены отсутствовали. Максимальные показатели зараженности фузариозной инфекцией были после яровой пшеницы и люцерны.

Зоологический анализ почвы (табл. 5) подтвердил различия между культурами.

Наибольшее количество инфузорий в почве было после озимой пшеницы и чистого пара, а минимальное после ярового ячменя. В отношении почвенных нематод выделялся вариант с горчицей сорта Ника. В тоже время после ярового ячменя и чистого пара данные животные не обнаруживались.

Выводы. Проведенные исследования показали, что при комплексном обследовании почв после разных сельскохозяйственных культур были установлены различия по их влиянию на агрофизические, микробиологические и зоологические параметры почвы.

С точки зрения агрофизических свойств, низкой фитотоксичности и подавления развития фузариозных грибов среди изучаемых культур преимущество имела горчица сарептская. После гороха отмечалось увеличение количества в почве бактерий рода *Azocobacter*, а после озимой пшеницы отмечалось увеличение в почве численности инфузорий.

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Комплексная оценка состояния почв при использовании различных систем земледелия в различных агропроизводственных зонах Республики Татарстан».

Литература

1. Малышева Е. С., Костин И. Г., Хижняк Р. М. Динамика агрохимических показателей плодородия в пахотных черноземах лесостепной зоны ЦЧР России // МСХ. 2022. №3. С.246-249.
2. Зинченко М. К. Система биологических показателей при оценке экологического состояния серой лесной почвы на примере стационарного опыта // Владимирский Земледелец. 2022. №1. С. 9-15.
3. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почвы под сельскохозяйственными угодьями / Е.В. Даденко, М. Прудникова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. №3-4. С.1274-1277.
4. Ерёмин Д. И., Каюгина С. М. Агрофизические свойства тёмно-серых лесных почв Северного Зуралья // Вестник Курганской ГСХА. 2022. №2 (42). С.3-10.
5. Шмидт А. Г., Аксенова Ю. В. Влияние хозяйственной деятельности землепользователей на состояние плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения южной лесостепи Омской области // Вестник ОмГАУ. 2022. №1 (45). С.64-74.
6. Рубцова А. А., Ларионов Ю. С. Оценка информативности показателей плодородия почв // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. №1. С.240-246.
7. Сравнительная характеристика плодородия серых лесных и темно-серых лесных почв на примере СПК "Звягинки" / Л.Е. Тучкова, И.А. Верховец, Е.С. Чувашева, И.М. Тихойкина // Вестник сельского развития и социальной политики. 2019. №4 (24). С. 33-35.
8. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 06.07.2017 № 325 «Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации».
9. Абдусаламова Р. Р., Баламирзоева З. М. Способы комплексной оценки плодородия почв сельскохозяйственных земель // Вестник СПИ. 2022. №1 (41). С.7-14.
10. Назарько М. Д., Лобанов В. Г. Комплексная экологическая оценка состояния окультуренных почв разных типов использования // Известия вузов. Пищевая технология. 2005. №5-6. С.109-111.
11. Козлова Л. М., Попов Ф. А., Носкова Е. Н. Севооборот как главный фактор адаптивно-ландшафтного использования земель // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2020. №3 (23). С. 295-303.
12. Дудкина Т. А. Методологические основы проектирования структуры посевных площадей и систем севооборотов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №7. С.50-55.
13. Денисова А. В., Козлова Л. М., Жук С. Н. Агрофизические показатели почвы в полевых севооборотах // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. №2-2. С.301-304.
14. Селявкин С. Н., Мараева О. Б., Лукин А. Л. Оценка биологического состояния почвы по микробиологической и ферментативной активности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. №2. С. 36-39.
15. Оценка ферментативной активности серых лесных почв в органических и традиционных агроценозах Предкамья Республики Татарстан / Т.Г. Кольцова, В.И. Кулагина, Л.М. Сунгатуллина, А.А. Андреева, Э.Х. Рупова // Российский журнал прикладной экологии. 2022. №3 (31). С. 34-42
16. Якутин М. В., Андриевский В. С., Анопченко Л. Ю. Почвенно-биологические методы в мониторинге процессов олуговения приозерных экосистем Хакасии // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. №. 4. С. 291-297.
17. Методы оценки и прогноза агрофизического состояния почв : учебное пособие / Е.В. Шейн и др. Владимир: ГНУ Владимир. НИИСХ, 2009. 106 с.
18. Привалова Н. М. Определение фитотоксичности методом // Успехи современного естествознания. 2006. № 10. С. 45-48.
19. Бабенко А. С., Булатова У. А., Нужных С. А. Методы учета почвенных беспозвоночных. Томск: Изд-во Томского ун-та. 2010. 55 с.

Сведения об авторах:

Сабирова Разина Мавлетгараевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: gazi-na.sabirova.1975@mail.ru

Вафин Ильшат Хафизович – ассистент кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru

Абрамова Арина Алексеевна – аспирант кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Сафин Радик Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radik-saf2@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SOIL CONDITION AFTER VARIOUS CROPS

R. M. Sabirova, I. Kh. Vafin, A. A. Abramova, R. I. Safin

Abstract. The paper presents an assessment of the state of the soil after harvesting crops (cereals, legumes, technical, perennial grasses) on the experimental fields of the Agrobiotechnopark of Kazan State Agrarian University in industrial crops. The studies were carried out in 2022, which was characterized by significant differences in moisture conditions during the growing season of plants (the first half of the growing season is wet, the second half is dry). All plots were located on highly cultivated, gray forest, medium loamy soil. A comprehensive assessment of soils was carried out using the methods of agrophysical studies of soils and methods of soil biology. To assess the state of soil biology, the number of microorganisms, Protozoa and nematodes was taken into account. Simultaneously, the phytotoxicity of soils for model plants was determined. Analysis of the accumulation of available water in the soil and the share of agronomically valuable aggregates showed that the maximum values were after mustard. After this crop, there was a decrease in the density of soil composition. The deterioration of the agrophysical properties of the soil was noted after spring crops. A pronounced phytotoxic effect of soil extracts after spring barley, peas and potatoes was established in relation to lettuce test plants. A similar effect on the wheat test plant was noted after potatoes. Improvement in agrophysical properties, low phytotoxicity and suppression of the development of *Fusarium* fungi among the studied crops, the advantage was noted for Sarepta mustard. After peas, an increase in the number of *Azotobacter* bacteria in the soil was noted, and after winter wheat, an increase in the number of ciliates in the soil was noted. The results obtained confirmed the differences in the state of soils after various crops, which must be taken into account when selecting predecessors in crop rotation.

Key words: agriculture, crops, soil assessment, agrophysical properties, soil biology, predecessors.

References

1. Malysheva E. S., Kostin I. G., Khizhnyak R. M. Dynamics of agrochemical indicators of fertility in arable chernozems of the forest-steppe zone of the Central Chernozem region of Russia. 2022. №3. pp.246-249.
2. Zinchenko M. K. The system of biological indicators in assessing the ecological state of gray forest soil on the example of a stationary experiment // *Vladimirsky Zemledelets*. 2022. №1. pp. 9-15.
3. Application of indicators of enzymatic activity in assessing the state of soils under agricultural land / E.V. Dadenko, M. Prudnikova, K.Sh. Kazeev, S.I. Kolesnikov // *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. No. 3-4. S.1274-1277.
4. Eremin D. I., Kayugina S. M. Agrophysical properties of dark gray forest soils of the Northern Trans-Urals // *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2022. No. 2 (42). S.3-10.
5. Schmidt A. G., Aksеноva Yu. V. Influence of economic activity of land users on the state of soil fertility of agricultural land in the southern forest-steppe of the Omsk region // *Vestnik OmGAU*. 2022. No. 1 (45). S.64-74.
6. Rubtsova A. A., Larionov Yu. S. Evaluation of the information content of soil fertility indicators. 2021. №1. pp.240-246.
7. Comparative characteristics of the fertility of gray forest and dark gray forest soils on the example of SPK "Zvyaginki" / L.E. Tuchkova, I.A. Verkhovets, E.S. Chuvashhev, I.M. Tikhokina // *Bulletin of rural development and social policy*. 2019. No. 4 (24). pp. 33-35.
8. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated July 6, 2017 No. 325 "On Approval of the Methodology for Calculating the Soil Fertility Index in a Subject of the Russian Federation".
9. Abdusalomova R. R., Balamirzoeva Z. M. Methods of complex assessment of soil fertility of agricultural lands. *Vestnik SPI*. 2022. No. 1 (41). pp.7-14.
10. Nazarko M. D., Lobanov V. G. Comprehensive ecological assessment of the state of cultivated soils of different types of use. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2005. No. 5-6. pp.109-111.
11. Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N. Crop rotation as the main factor of adaptive landscape land use // *Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural sciences. Economic Sciences*. 2020. No. 3 (23). pp. 295-303.
12. Dudkina T. A. Methodological bases for designing the structure of sown areas and crop rotation systems // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018. No. 7. S.50-55.
13. Denisova A. V., Kozlova L. M., Zhuk S. N. Agrophysical indicators of soil in field crop rotations. *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018. No. 2-2. pp.301-304.
14. Selyavkin S. N., Maraeva O. B., Lukin A. L. Evaluation of the biological state of the soil by microbiological and enzymatic activity // *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2015. №2. pp. 36–39.
15. Evaluation of the enzymatic activity of gray forest soils in organic and traditional agroecosystems of the Fore-Kama region of the Republic of Tatarstan / T.G. Koltsova, V.I. Kulagina, L.M. Sungatullina, A.A. Andreeva, E.Kh. Rupova // *Russian Journal of Applied Ecology*. 2022. No. 3 (31). pp. 34-42
16. Yakutin M. V., Andrievsky V. S., Anopchenko L. Yu. Soil-biological methods in monitoring the processes of meadow growing in lakeside ecosystems of Khakassia // *Interexpo Geo-Siberia*. 2022. no. 4. S. 291-297.
17. Methods for assessing and predicting the agrophysical state of soils: textbook / E.V. Shein and others. Vladimir: GNU Vladimir. NIISH, 2009. 106 p.
18. Privalova N.M. Determination of phytotoxicity by the method // *Successes of modern natural science*.2006. No. 10. S. 45-48.
19. Babenko A. S., Bulatova U. A., Nuzhnykh S. A. Methods for accounting soil invertebrates. Tomsk: Publishing House of Tomsk University. 2010. 55 p.

Authors:

Sabirova Razina Mavletgaraevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru

Vafin Ilshat Khafizovich - Assistant, e-mail: zemledelikazgau@mail.ru

Abramova Arina Alekseevna – postgraduate student, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.