

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ
В РАЗЛИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ**

**В.И. Турусов, ак. РАН, Е.А. Балюнова,
ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
397463, пос. 2 участка Института им. Докучаева, квартал 5, д. 81,
Таловский р-н, Воронежская обл., Россия E – mail: niish1c@mail.ru**

Приведены результаты исследований по влиянию предшественников озимой пшеницы на структуру микробного ценоза почвы и ее гумусное состояние в различных севооборотах. Показано, что введение в полевые севообороты многолетних бобовых трав, сидеральных паров, бинарного посева с бобовым компонентом способствовало увеличению общего количества микроорганизмов в почве под озимой пшеницей на 10,5 – 13,6%, росту численности микробов, усваивающих минеральные формы азота, на 2,7-20,3, утилизирующих органический азот на 1,1-15,5, активность клетчатковых микроорганизмов возросла на 1,3-23,4%. Оптимизировалось гумусное состояние почвы: за ротацию севооборотов, включающих культуры – фитомелиоранты, содержание гумуса повысилось на 3,1-6,8%.

Ключевые слова: севооборот, биологическая активность почвы, структура микробного ценоза, гумусное состояние почвы.

Для цитирования: Турусов В.И., Балюнова Е.А. Биологическая активность почвы под озимой пшеницей в различных севооборотах// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 68-71. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.18.

Основой увеличения продуктивности и стабильности земледелия являются сохранение и воспроизводство плодородия почвы. Один из путей повышения плодородия, улучшения биологического и гумусного состояния почвы – совершенствование структуры севооборотов, усиление их продукционной, средоулучшающей и фитосанитарной функций [3, 10].

Современная теория севооборотов базируется на признании важной роли всех без исключения причин чередования культур, сформулированных Д.Н. Прянишниковым. Тем не менее выделяют все возрастающее значение биологического фактора – надежного средства воспроизводства плодородия почвы и увеличения ее биологической активности, поддержания благоприятной фитосанитарной ситуации в почве и посевах [6, 9]. В этом случае основная агробиологическая роль севооборота заключается в соответствии во времени и пространстве адаптивного потенциала культивируемых видов и сортов, оставляемой ими остаточной биомассы, особенностям почвы, погоды, микроклимата и технологии, оказывающих решающее влияние на структуру микробного ценоза, скорость и направленность микробиологической трансформации органических веществ, ее биологическую активность. Ее можно интерпретировать как сумму микробиологических процессов и биохимических реакций, которые приводят к возобновлению запасов использованных питательных веществ почвы и преодолению отрицательных аллелопатических взаимодействий между растениями в агроландшафтах [5, 7, 8]. Поэтому изучение закономерностей развития этих процессов представляет интерес для поиска рациональных путей регулирования плодородия почвы, выявления резервов его повышения.

Цель исследований – изучить биологическую активность почвы под озимой пшеницей в различных севооборотах.

Методика. Исследования проводили в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого – ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в период с 2019 по 2021 г.

Почва – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика слоя почвы 0-40 см перед закладкой опыта: содержание гумуса 6,61%, общего азота – 0,331, фосфора – 0,210, калия – 1,80%, сумма поглощенных оснований – 57,0 мг-экв/100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ 6,58.

Почвенные пробы отбирали в севооборотах под озимой пшеницей, размещаемой по следующим предшественникам: в зернопаро-пропашном – по черному пару; в зернопропашном – по сидеральному горчиному пару; в зернопропашном – по гороху; в зернопропашном – по нуту; в зернопропашном – по сое; в зернотравянопропашном – по эспарцету на сидерат; в зернотравянопропашном – по эспарцету на сено; в зернопропашном – в бинарном посеве (озимая пшеница + озимая вика).

Численность основных физиологических групп микроорганизмов в слое почвы 0-30 см определяли по методике ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии путем высева почвенной суспензии определенных разведений на элективные питательные среды. Содержание гумуса определяли по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симаква (ГОСТ 26205 – 84). Токсичность почвы – методом прямого биотестирования по методике ВГАУ в слоях 0-10 и 10-20 см [2].

Возделывание сельскохозяйственных культур в опыте осуществляли по общепринятым технологиям. Площадь делянки 168 м². Размещение делянок систематическое.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1987) и с помощью программы Microsoft Excel [1].

Результаты и их обсуждение. Проведенными исследованиями установлено, что после сидеральных паров (эспарцетового и горчичного) в почву поступило больше растительных остатков, богатых питательными веществами. Это привело к увеличению общего количества микроорганизмов, соответственно, до 48,39 и 47,57 млн КОЕ/г абсолютно сухой почвы (табл. 1). Общая численность микроорганизмов по данным предшественникам превысила этот показатель в посевах озимой пшеницы, идущей по черному пару, на 11,6-13,6%. Аналогичная тенденция отмечалась в почве под озимой пшеницей, размещаемой по занятому пару и в бинарном посеве с озимой викой, где количество микроорганизмов было выше на 10,5-11,2% в сравнении с контролем.

1. Влияние предшественников на микробиологический состав почвы под озимой пшеницей в слое 0 – 30 см (в среднем за 2019 – 2021 г.)

| Предшественник | МПА | КАА | Актиномицеты | Минерализаторы гумуса | Общее количество микроорганизмов | К _{мин} | К _{пт} |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|--------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|
| | млн КОЕ/г абсолютно сухой почвы | | | | | | |
| Черный пар | 8,86 | 15,02 | 2,75 | 15,91 | 42,61 | 1,7 | 14,4 |
| Сидеральный горчичный пар | 10,23 | 17,32 | 2,83 | 16,89 | 47,57 | 1,7 | 16,6 |
| Горох | 9,97 | 17,84 | 2,63 | 16,55 | 47,09 | 1,8 | 20,4 |
| Нут | 8,08 | 16,60 | 2,41 | 16,57 | 43,37 | 2,2 | 12,3 |
| Соя | 9,51 | 17,50 | 2,71 | 14,40 | 44,20 | 2,0 | 15,8 |
| Сидеральный эспарцетовый пар | 9,61 | 16,56 | 2,90 | 19,24 | 48,39 | 1,8 | 15,6 |
| Эспарцет на сено | 8,08 | 15,43 | 2,52 | 15,82 | 41,94 | 2,0 | 12,7 |
| Горох – озимая пшеница + оз. вика | 8,96 | 18,07 | 2,66 | 17,80 | 47,37 | 2,4 | 14,6 |
| НСР ₀₅ | 1,17 | 0,87 | 0,15 | 1,89 | 4,01 | | |

Микроорганизмы – аммонификаторы, участвуя в деградации растительных остатков, способствуют более активной микробиологической трансформации органического вещества. Полученные данные свидетельствуют, что их численность была выше на 15,5% по сравнению с черным паром в посевах озимой пшеницы после сидерального горчичного пара и на 8,5-12,5% после многолетних трав и занятого пара.

Во всех вариантах опыта количество бактерий, усваивающих минеральные формы азота (КАА), превышало численность аммонифицирующих бактерий, разлагающих органические соединения, содержащие азот, до полной минерализации (МПА). В среднем за три года исследований количество микроорганизмов, учитываемое на КАА, в зависимости от предшественника существенно не изменялось и колебалось от 15,02 до 18,07 млн КОЕ (НСР₀₅ 0,87). Значительное распространение этих двух групп микроорганизмов способствует активному разложению свежих органических остатков в почве и, тем самым, свидетельствует о быстром восстановлении её эффективного плодородия.

По шкале обогащенности почв микроорганизмами, используемой для характеристики распространения эколого-трофических групп [3], исследуемая в опыте почва по числу бактерий-аммонификаторов характеризовалась как богатая и очень богатая, а по количеству

бактерий, ассимилирующих минеральный азот – как богатая.

Чтобы определить интенсивность микробиологических процессов, происходящих в почве, используют такие информативные показатели как коэффициент минерализации (К_{мин}) и коэффициент трансформации органических соединений (К_{пт}). Они свидетельствуют о протекающих в почве процессах распада и выноса элементов питания в целом, так как фактически отражают направление энергетических потоков, обусловленных противоположными функциями почвенной микрофлоры [4].

Судя по коэффициентам минерализации, на протяжении периода исследований прослеживается тенденция к увеличению степени минерализации органического вещества в посевах озимой пшеницы, идущей в севооборотах после зернобобовых культур и многолетних трав, где коэффициент минерализации составлял 1,8-2,2, а в бинарном посеве – 2,4. Коэффициенты минерализации по исследуемым вариантам были близки и, если судить по их неширокому отношению КАА : МПА (1,7-2,4), то можно отметить, что во всех изучаемых видах севооборотов лабильное органическое вещество почвы подвижно и доступно для микрофлоры. Это говорит о том, что процесс минерализации в почве протекает энергично и регулируется условиями чередования. Такое положение объясняет высокие микробиологические показатели и характер микробиологического профиля почвы [11].

Растительные остатки, интенсивно трансформируясь в органическое вещество почвы, улучшают структуру почвенного микробоценоза, о чем свидетельствует повышение коэффициента трансформации органического вещества. Степень микробиологического синтеза растительного материала в органическое вещество почвы в вариантах после сидеральных паров возрастала до 15% по сравнению с черным паром, по зернобобовым предшественникам (горох) – до 22,9%. Нут, в отличие от других зернобобовых предшественников, в меньшей мере способствовал трансформации органического вещества.

Результатами исследований выявлена положительная нелинейная корреляционная зависимость ($r_s = 0,83$) между коэффициентом трансформации органического вещества (К_{пт}) и количеством минерализаторов гумуса. Наибольшая численность данной группы микроорганизмов отмечается после озимой пшеницы по эспарцету на сидерат и в бинарном посеве, где их количество увеличилось, соответственно, до 19,24 и 17,80 млн клеток. Численность минерализаторов гумуса так же находится в нелинейной корреляционной зависимости от количества актиномицетов ($r_s = 0,57$) и колеблется от 2,41 до 2,90 млн клеток, а грибной микрофлоры ($r_s = 0,49$) изменяется от 31,15 до 40,86 тыс. клеток (табл. 2).

В почве под озимой пшеницей отмечено наибольшее количество актиномицетов после сидерального эспарцетового пара. Это может быть связано с наличием в остаточной биомассе эспарцета значительного количества доступных углеводов, со сравнительно быстрой трансформацией растительных остатков, которые при выращивании последующей культуры подходят к завершающей стадии разложения, что приводит к увеличению численности актиномицетов и возрастанию коэффициента трансформации органических соединений.

2. Численность микроорганизмов и содержание гумуса под озимой пшеницей в зависимости от предшественников в слое почвы 0-30 см (в среднем за 2019 – 2021 г.)

| Предшественник | Грибы | Целлюлозоразлагающие | Нитрифи – каторы | Азотобактер в 50 г АСП | Токсичность (0 – 20 см), отклонение от контроля (±), % | Гумус, % |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------|------------------------|--|----------|
| | тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы | | | | | |
| Черный пар | 31,15 | 50,27 | 0,47 | 366 | 0,00 | 6,52 |
| Сидеральный горчиный пар | 35,50 | 61,34 | 0,47 | 309 | 0,28 | 6,96 |
| Горох | 38,64 | 62,03 | 0,49 | 400 | 0,15 | 6,86 |
| Нут | 32,85 | 47,50 | 0,41 | 326 | 0,20 | 6,62 |
| Соя | 33,33 | 49,93 | 0,48 | 305 | 0,73 | 6,80 |
| Сидеральный эспарцетовый пар | 35,14 | 55,56 | 0,49 | 397 | 0,31 | 6,95 |
| Эспарцет на сено | 38,68 | 60,40 | 0,47 | 543 | 0,69 | 6,72 |
| Горох – озимая пшеница + оз. вика | 40,86 | 50,90 | 0,49 | 449 | 0,75 | 6,95 |
| НСР ₀₅ | 3,3 | 6,74 | 0,01 | 27 | | 0,35 |

Проведенный корреляционный анализ показал, что актиномицеты находятся в обратной корреляционной зависимости от численности грибной микрофлоры ($r_s = -0,66$). Это значит, что при уменьшении численности актиномицетов, которые обладают мощным ферментативным аппаратом и могут разрушать трудно разлагаемое органическое вещество на более поздних стадиях его минерализации, происходит снижение потенциального плодородия почвы. Кроме того, увеличивается количество грибной микрофлоры, которая активизируется на ранних стадиях разложения более лабильного органического вещества. Результаты исследования показали, что наибольшая численность грибов (40,86 тыс. клеток) в бинарном посеве, что связано с дополнительным обогащением почвы растительными остатками после озимой вики и активным процессом их разложения.

Обогащенность почвы целлюлозоразрушающими бактериями сопряжена с наличием в ней растительных остатков. Численность целлюлозоразлагающих групп микроорганизмов увеличилась при введении в севообороты занятого пара (горох), сидерального горчиного пара и эспарцета различного вида пользования на 10,5-23,4% по сравнению с черным паром. Рост числа клетчатковых бактерий приводит к биологическому закреплению минерального азота, в результате чего пополняется потенциальный фонд почвы, однако доступность для растений существенно снижается.

Наличие азотобактера в почве служит показателем ее плодородия и окультуренности, а численность указывает на экологическое благополучие и фитосанитарное состояние данной почвы. Наибольшее его содержание наблюдается в почве после эспарцета на сено – 543 колонии в 50 г почвы, что выше на 48,4% по сравнению с черным паром. Значительному увеличению азотобактера также способствовало использование занятого пара и бинарного посева в качестве предшественников озимой пшеницы, которые приводили к росту численности данных микроорганизмов до 22,7%. Нитрификационная активность почвы под озимой пшеницей после всех

изучаемых в опыте предшественников находилась в одном диапазоне значений и изменялась от 0,41 до 0,49 тыс. клеток, максимальное значение отмечено после занятого, сидерального эспарцетового пара и бинарного посева с озимой вики.

Одним из опасных разрушающих свойств, ведущих к деградации почвы, является токсичность, которая проявляется в угнетении роста растений и снижении урожайности культур [4].

Как показали результаты исследований, в почве не происходило накопление токсичных веществ, которые отрицательно влияют на рост и развитие культур севооборота, однако наблюдалось небольшое увеличение токсичности в бинарном посеве. Это может быть связано со значительным увеличением численности грибной микрофлоры в этом варианте, поскольку некоторые из них являются продуцентами токсинов, что подтверждает проведенный корреляционный анализ ($r = 0,54$). Токсичность почвы при возделывании озимой пшеницы во всех изучаемых севооборотах, построенных по принципу плодосмена, была низкой и не оказала отрицательного действия на растения.

Вывод. Проведенные исследования показали, что однолетние и многолетние бобовые культуры усиливают положительное воздействие на почву, ее плодородие, биоценотический потенциал. Происходит увеличение численности протеолитической и аминолитической микрофлоры, активизируются процессы трансформации поступающей в почву при обработке остаточной биомассы с широким соотношением C : N, что актуально для специализированных севооборотов с высоким насыщением зерновыми культурами. Активируется трансформация растительных остатков в органическое вещество почвы: степень микробиологического синтеза в вариантах после сидеральных паров и зернобобовых предшественников нута и гороха возрастала от 1,8 до 13,6% в сравнении с черным паром. Введение в полевые севообороты эспарцета и сидеральных паров в качестве предшественников озимой пшеницы оказывает фитомелиоративное действие, позволяет существенно улучшить экологическое состояние почвы: численность азотобактера в почве возрастала на 8,5-48,4%, содержание гумуса – на 1,5-6,8% по отношению к контролю. Научно обоснованный севооборот с включением эспарцета и других бобовых культур – непереносимый фактор оптимизации структуры микробного ценоза почвы, повышения ее биоценотического потенциала и улучшения экологического состояния.

Литература

1. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
2. Житин Ю.И., Прокопова Л.В. Практикум по экологии. – Воронеж, 2002. – С. 74-76.
3. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: МГУ, 1987. – 286 с.
4. Кравченко Р.В., Куприченко М.Т. Растительные остатки и плодородие почв // Научный журнал Тр. Куб ГАУ. – 2012. – Вып. № 79. – С.77–82.
5. Kuzminykh A.N., Novoselov S.I. and Pashkova G.I. Effect of green manuring on the phytosanitary condition of agrocenosis and the yield of winter rye during the development of fard // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 421 (2020).
6. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. – М.: Изд – во ВНИИА, 2012. – 512 с.
7. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 411 с.
8. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В.Г. Сычев. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 228 с.

9. Федотов В.А., Дедов А.В., Лопырев М.И. Рекомендации по формированию почвенного плодородия при внедрении севооборотов с экологической направленностью. – Воронеж: ВГАУ, 2009. – 59 с.

10. Щербаков А.П. Биологическая характеристика черноземов /А.П.Щербаков и др. //Русский чернозем – 100 лет после В.В.Докучаева. – М.: Наука, 1983. – С. 89-102.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL UNDER WINTER WHEAT IN DIFFERENT CROPPED ROTATIONS

V.I. Turusov, Academician of RAS, E.A. Balyunova, researcher

Federal State Budgetary Scientific Institution "Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V.I. V.V. Dokuchaev, 397463 settlement 2 sites of the Institute. Dokuchaev, quarter 5, house 81, Talovsky district, Voronezh region, Russia

The results of studies on the influence of winter wheat precursors on the structure of soil microbial cenosis and its humus state in various types of crop rotations are presented. It is shown that the introduction of perennial legumes, green manure fallows, binary sowing with a legume component into field crop rotations contributed to an increase in the total number of microorganisms in the soil under winter wheat by 10,5-13,6%, an increase in the number of microbes, assimilating mineral forms of nitrogen by 2,7-20,3%, utilizing organic nitrogen by 1,1-15,5%, the activity of cellulose microorganisms increased by 1,3-23,4%. The humus state of the soil was optimized – for the rotation of seven – field crop rotations, including phytomeliorant crops, the humus content increased by 3,1-6,8%.

Keywords: crop rotation, soil biological activity, structure of microbial cenosis, soil humus status

УДК 631.4:6310.92 (470.22)

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.19

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

М.В. Медведева¹, к.б.н., Е.В. Мошкина¹, к.с.-х.н., Н.В. Геникова¹, к.б.н., А.Ю. Карпечко^{*1}, к.с.-х.н.,
А.В. Туюнен¹, А.В. Мамай¹, к.б.н., И.А. Дубровина², к.с.-х.н., В.А. Сидорова², к.с.-х.н.,
О.В. Толстогузов³, д.э.н., Л.М. Кулакова³, к.э.н.

¹Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", г. Петрозаводск

²Институт биологии – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", г. Петрозаводск

³Институт экономики – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", г. Петрозаводск

*E-mail: mariamed@mail.ru

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19 – 29 – 05153)

Обобщены многолетние данные постагрогенной трансформации природной среды в условиях среднетаежной подзоны Карелии. На двух модельных площадках исследовали эколого- физиологические свойства микробиоты почв в ряду паши – молодой лиственный лес – средневозрастной хвойный лес – старовозрастной хвойный лес. Выявили наибольшие изменения изучаемых микробиологических показателей в почвах лиственных лесов. Полученные данные могут быть основой при расчете баланса углерода, использованы при мониторинге почв трансформированных экосистем.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, микробиота, мониторинг, Карелия, среднетаежная подзона.

Для цитирования: Медведева М.В., Мошкина Е.В., Геникова Н.В., Карпечко А.Ю., Туюнен А.В., Мамай А.В., Дубровина И.А., Сидорова В.А., Толстогузов О.В., Кулакова Л.М. Биологическая активность почвы в условиях изменения режима землепользования в Нечерноземной зоне России// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 71-76.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.19.

В настоящее время вопрос об использовании сельскохозяйственных угодий стал дилеммным в связи с «карбонным земледелием», монетизацией услуг, предоставляемых природой, глобальным изменением климата. С одной стороны, встает задача как можно больше получить прибыль и сверхприбыль с сельскохозяйственных земель, что предполагает избыточную химическую и минеральную нагрузку на агроценозы, монокультурные посадки, использование нанотехнологических приёмов обработки почв на всех этапах работы. А с другой, в связи с переориентацией различных районов

России увеличиваются с каждым годом площади заброшенных земель, бывшие пахотные земли становятся частью урбозем, происходит изменение агроландшафта. Некогда плодородные земли, проходя стадию постагрогенной сукцессии и претерпевая значительные изменения всех компонентов экосистемы, возвращаются в исходное состояние. Зброшенныя землі – это один из отголосков экстенсивного земледелия в прошлом, одно из последствий современного этапа развития общества, которое негативно сказывается на окружающей среде, эстетическом восприятии человеком