МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

КРУГЛОВ Юрий Владимирович, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии»

КУРДЮКОВ Юрий Федорович, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

ШУБИТИДЗЕ Георгий Васильевич, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

Приведены результаты изучения влияния агротехнических мероприятий на показатели биологической активности чернозема южного. Впервые в Поволжье выявлено содержание углерода в почвенных микроорганизмах в зависимости от агротехнических фонов. Обоснованы агротехнические приемы, позволяющие регулировать биологическое состояние почвы в засушливой степи Нижнего Поволжья.

Введение. В агроэкосистемах довольно редко возделывают сельскохозяйственные культуры в монокультуре. В степной зоне Нижнего Поволжья сельское хозяйство ориентировано на производство зерна. Полевые севообороты, степень их интенсивности предполагают воспроизводство различных объемов и разного биохимического состава органического вещества, поступающего в почву. Важным источником пополнения его запасов на пахотных землях являются корневые и пожнивные остатки культур севооборотов.

Насыщение севооборотов зерновыми культурами и накопление в почве их остатков нарушает в ней экологическое равновесие, снижает биологическую активность, замедляет процессы разложения органического вещества [1]. Чередование культур на поле должно строиться на плодосмене, основанном на строгом чередовании различных по химическому составу культур [2, 6, 7]. Поэтому особенно актуален вопрос выбора предшественников, оказывающих благоприятное влияние на биологические процессы, протекающие в почве при насыщении севооборотов зерновыми культурами.

Оценивая влияние севооборотов на плодородие почвы и урожайность, некоторые исследователи [3, 11] на первое место ставят прямое действие предшественников. Это объясняется тем, что растительные остатки предшественников являются естественным источником органического вещества для почвенной гетеротрофной микрофлоры. В зависимости от зональных почвенно-климатических особенностей изменяются состав возделываемых культур в севооборотах, количество и качество поступающего в почву органического вещества.

Цель данной работы – изучение изменений биологической активности микроорганизмов и биохимических показателей в зависимости от агротехнических фонов; использование результатов исследований для улучшения биологического состояния почвы в конструируемых полевых севооборотах засушливой степи Нижнего Поволжья.

Методика исследований. Исследования вели на косимой и некосимой залежи, бессменном пару, в 11-польных зернопаропропашном и зернопаротравянопропашном, в 9-польном зернопаротравяном, 2-, 3-, 4- и 7-польных зернопаровых севооборотах. Севообороты заложены в 3-кратной повторности.

Почва опытного участка чернозем южный маломощный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 4,5–5,1 %. Численность и видовой состав микроорганизмов, относящихся к разным трофическим группам, учитывали методом посева на общепринятые питательные среды [4], фитопатогена *Helminthosporium sativum* – методом флотации [12]; разложение целлюлозы определяли весовым методом Кристенсена, «дыхание» почвы – по выделению CO_2 газохроматографическим методом, активность ферментов – по А.Ш. Галстяну [4], содержание азота в растительных остатках – на автоматическом анализаторе Kjeltak auto system (Швеция).

Биомассу микроорганизмов (C_m) определяли методом субстратиндуцированного дыхания [5, 10], где в качестве энергетического материала использовали глюкозу, и выражали в миллиграммах углерода микроорганизмов на 1 кг почвы.

Результаты исследований. Биологическая активность почвы находится в тесной зависимости от агротехнических приемов, влияющих на количество и качество поступающих в нее растительных остатков. Об этом свидетельствуют микробиологические показатели, полученные при исследовании залежи, косимой залежи и бессменного пара.

Отторжение скошенной массы на косимом (16 лет) участке залежи и исключение поступления в почву органического вещества в бессменном пару (48 лет) ведут к снижению всех показателей ее микробиологической активности. Так, по сравнению с некосимой (71 год) залежью биомасса микроорганизмов на косимой залежи и парующей почве снизилась в 2,5–5,0 раза, дыхание почвы –

в 2,0–3,0 раза, нитрификационная способность – в 3 раза. Значительно уменьшилась активность ферментов инвертазы и уреазы, обеспечивающих трансформацию углеводов и азотных соединений. На указанных вариантах происходило увеличение содержания микроорганизмов, использующих минеральные формы азота и олигонитрофилов, что говорит об истощении легкоподвижного органического вещества и замедлении процесса его минерализации (табл. 1).

Проведенные исследования свидетельствуют о большом значении легкоподвижного органического вещества для формирования биомассы микроорганизмов и протекающих в почве биохимических процессов. Микроорганизмы являются чувствительным индикатором наличия в почве органического вещества разной степени минерализации. Общая биологическая активность почвы была выше в 6–7-польных севооборотах по сравнению с 2–3-польными. Численность микроорганизмов в почве на этих вариантах составила 44–51 млн/г против 31–37 млн/г. С увеличением в 2–3-польных севооборотах удельного веса чистого пара возрастает поступление в почву труднодоступного для микрофлоры органического вещества после озимой и яровой пшеницы. Их растительные остатки отличаются низкой активностью разложения. Так, потеря массы остатков яровой пшеницы в пахотном слое за сельскохозяйственный год составила 23,8 %, нута – 42,9 %, люцерны – 45,5 %.

Поступление в почву труднодоступного для микрофлоры органического вещества приводит к замедлению микробиологических процессов, нарушению экологического равновесия, размножению фитопатогенного гриба. Численность конидий гриба *Helminthosporium sativum* в 2- и 3-польных севооборотах составляла 100 и 135 шт./г, в 6-польном зернопаропропашном – 45 шт./г, в 7-польном зернопаровом – 50 шт./г.

Разные агротехнические фоны обеспечивают формирование различной массы микроорганизмов. Наибольшее их количество содержится на залежи. В почве бессменного пара содержание углерода в микробной биомассе снизилось по сравнению с залежью более чем в 2 раза. Это обуслов-

лено отсутствием притока свежего органического вещества. Близкое количество микроорганизмов содержалось в почве на участках с бессменным возделыванием яровой пшеницы. Поступление в почву соломы пшеницы, трудно поддающейся гидролизу целлюлозоразлагающими микроорганизмами в засушливых условиях Нижнего Поволжья, не обеспечивает развитие аэробных хемооргано-гетеротрофных микроорганизмов достаточным количеством энергетического материала. В связи с поступлением в почву 2-польного севооборота большого количества соломы после озимой пшеницы по сравнению с яровой пшеницей в 7-польном зернопаропропашном, которая за год не разлагается, прослеживается снижение в нем биомассы микроорганизмов.

Представляет практический интерес 11-польный зернопаротравянопропашной севооборот, включающий пропашную культуру (кукурузу) и 2 поля многолетних бобовых трав. Масса микроорганизмов, использующих легкоподвижные органические соединения, в поле с оборотом пласта выравнивается с их содержанием в почве залежи (табл. 2).

Влияние качества растительных остатков, накапливаемых в почве, на микрофлору исследовали в полевом опыте на фоне яровой твердой пшеницы. В этой бессменной культуре были представлены следующие варианты опыта: а) без удобрений; б) минеральные удобрения (N_{40} ежегодно, $P_{50}K_{40}$ через год); в) зеленая масса люцерны в количестве 7 т/га под основную обработку почвы. Образцы почвы отбирали также под яровой пшеницей в 6-польном зернопаропропашном севообороте, где она размещалась после озимой пшеницы по чистому пару. Заселенность микроорганизмами чернозема в бессменных посевах была по большинству показателей ниже других вариантов опыта. Ежегодное поступление в почву однотипных растительных остатков ведет к ослаблению активности микробиологических процессов и ухудшению ее фитосанитарного состояния по сравнению с размещением в севообороте после озимой пшеницы по чистому пару: снижаются общая биогенность (87 млн/г почвы против 133), выделение CO_2

Таблица 1

Влияние агротехнических фонов на микробиологические и биохимические показатели чернозема южного (2011 г.)

Показатели	Агротехнический фон		
	залежь	косимая залежь	бессменный пар
Биомасса микроорганизмов (C_m), мг/кг	1444	591	305
Бактерии, использующие органический азот, тыс. КОЕ/г	18200	7800	6100
Бактерии, использующие минеральный азот, тыс. КОЕ/г	11600	8400	6600
Олигонитрофилы, тыс. КОЕ/г	25400	15200	1800
Бациллы (споры), тыс. КОЕ/г	410	330	560
Актиномицеты, тыс. КОЕ/г	4800	3700	1000
Грибы, тыс. КОЕ/г	92,0	67,0	18,0
Дыхание почвы, CO_2 , мг/кг	14,3	7,4	5,3
Разложение целлюлозы, %	30	15	16
Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г	61,3	42,2	24,7
Активность уреазы, NH_4 , мг/г	11,4	3,8	0,4

Примечание: коэффициент вариации менее 15 %.

Влияние агротехнических фонов на содержание углерода в микробной биомассе почвы (C_m), мг/кг (2012 г.)

Агротехнический фон	Срок определения	
	май	сентябрь
Залежь (71 год)	451,1±35,9*	530,4±29,2
Бессменный пар (48 лет)	193,5±15,5	262,3±26,1
Бессменный посев яровой пшеницы (37 лет)	159,8±13,0	274,3±25,3
11-польный зернопаротравянопропашной севооборот (71 год), оборот пласта	445,5±24,5	540,0±14,6
2-польный зернопаровой севооборот (25 лет), черный пар	284,7±24,2	346,1±21,2
7-польный зернопаропропашной севооборот (37 лет), черный пар	307,6±18,2	396,2±7,2

*Стандартное отклонение.

(1,72 мг/кг против 2,21), повышается накопление фитопатогенного гриба *Helminthosporium sativum* (с 12 до 68 шт./г). Внесение минеральных удобрений под бессменно возделываемую пшеницу повышает общую биогенность почвы (до 118 млн/г почвы), выделение CO_2 (до 1,84 мг/кг), активность инвертазы и уреазы, увеличивает численность патогена (до 167 шт./г).

Положительное влияние на микрофлору почвы оказывает внесение зеленых удобрений осенью под бессменную пшеницу. При запашке зеленой массы величина биологической активности почвы под бессменными посевами по многим показателям была близка к данным севооборота. Почва в севообороте содержит растительные остатки предшествующих лет различной степени разложения, отличающиеся по химическому составу и доступности для микроорганизмов. Они существенно влияют на состав микрофлоры (табл. 3).

Зеленые удобрения в засушливой степи Нижнего Поволжья представляется возможным вносить под яровую пшеницу в зернопаротравяных севооборотах после первого или второго укосов и отрастания бобовых многолетних трав или под озимую пшеницу при уборке парозанимающей культуры.

Чтобы исключить размещение яровой пшеницы после пшеницы, в звено севооборота вводят разделители [9]. Разделителями являются культуры, относящиеся к хорошим предшественникам пшеницы [8]. Так, в среднем за 7 лет урожайность яровой мягкой пшеницы в заключительном поле звена севооборота пшеница – пшеница – пшеница составила 1,56 т/га, в звене пшеница – зернобобовые – пшеница – 1,90 т, а в звене пшеница – просо – пшеница – 1,87 т/га.

Фитосанитарное состояние почвы улучшает введение в севообороты парового поля. По сравнению с бессменными посевами яровой пшеницы в звене чистый пар – яровая пшеница численность патогенов снижается с 57 до 28 шт./г, возрастает активность минерализации органического вещества (коэффициент минерализации 1,25 против 1,07). Урожайность бессменной яровой пшеницы за последние 20 лет составила 1,03 т/га, в звене с чистым паром – 1,34 т/га.

Положительное влияние на показатели биологической активности особенно четко проявляется при включении в севооборот пропашной культу-

ры (кукуруза в зернопаропропашном севообороте). Коэффициент минерализации органического вещества повышается до 1,62, увеличиваются накопление нитратов – с 64 до 78 мг/кг почвы, разложение целлюлозы – с 28 до 38 %.

Заключение. В процессе трансформации органического вещества, поступающего в почву, ведущая роль в биохимической деятельности принадлежит микроорганизмам. Их деятельность сводится не только к минерализации органического вещества и формированию минерального питания, но и продуцированию физиологически активных соединений и антибиотических веществ. Микроорганизмы являются очень чутким индикатором реакции почвы на изменение агротехнических мероприятий.

Видовой состав возделываемых культур, количество и химический состав поступающих в почву растительных остатков определяют активность и направленность биологических процессов, ее фитосанитарное состояние, условия роста и развития растений.

Основные рычаги регулирования микробиологических процессов, обеспечивающие улучшение биологического состояния почвы в условиях степной засушливой зоны Нижнего Поволжья, – введение севооборотов, включающих чистые и занятые пары, кукурузу, однолетние и многолетние травы с заделкой их растительных остатков в почву, разделители из числа хороших предшественников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берестецкий О.А. Биологические основы плодородия почвы. – М.: Колос, 1984. – 287 с.
2. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
3. Динамика растительных остатков под культурами севооборотов и их влияние на биологическую активность почвы / Ю.Ф. Курдюков [и др.] // Сб. науч. тр. ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН. – Саратов, 2009. – С. 248–256.
4. Методические рекомендации: основные микробиологические и биохимические методы исследования почвы. – Л.: ВНИИСХМ, 1987. – 47 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 221 с.
6. Парахин Н.В., Мельник А.Ф. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от целевого использования предшественника // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 6. – С. 36–39.
7. Сидоров М.И. К обоснованию научных основ

**Влияние удобрений на состав микрофлоры и биологическую активность почвы
под бессменной твердой пшеницей и в севообороте (1990 г.)**

Показатели биологической активности	Вариант удобрений				Севооборот
	без удобрений	NPK	сидерат	NPK + сидерат	
Микрофлора					
Бактерии, тыс. КОЕ/г:					
аммонифицирующие	15 500	21 400	28 300	19 600	23 000
использующие минеральный азот	18 000	23 200	35 200	22 800	29 100
олигокарбофилы	19 800	23 200	30 100	27 100	22 000
олигонитрофилы	19 200	27 900	35 000	37 400	30 700
аутохтонные	6200	12 200	19 000	16 000	19 300
споровые	1530	2110	2450	2160	1940
неспоровые пигментированные	1100	1200	2400	4000	1700
маслянокислые	25	60	110	60	25
Минерализаторы органофосфатов, тыс. КОЕ/г	260	350	420	240	540
Актиномицеты, тыс. КОЕ/г	5600	6300	5400	7200	2900
Грибы, тыс. КОЕ/г	41	44	53	53	41
Конидии патогена <i>H. sativum</i> , шт./г	68	167	25	62	12
Общая биогенность, тыс. КОЕ/г	87 000	118 000	158 000	136 000	133 000
Биохимические показатели					
Выделение CO ₂ , мг/кг	1,72	1,84	2,44	2,06	2,21
Нитратонакопление (NO ₃), мг/100 г	3,1	3,2	4,9	4,9	1,9
Разложение целлюлозы, %	29,0	30,2	34,6	30,3	33,5
Ферменты, мг/г:					
инвертаза (глюкоза)	21,7	34,5	37,1	26,0	29,5
уреаза (NH ₄)	0,55	0,77	0,55	2,12	Следы
ПФО (пурпургаллин), мг/100 г	41,7	37,8	33,3	43,5	32,1
ПО (пурпургаллин), мг/100 г	26,1	20,4	20,5	22,5	24,0
ПФО/ПО	1,59	1,85	1,62	1,93	1,33
Урожайность пшеницы, т/га	1,51	1,64	1,66	1,82	1,83

чередования культур в агроценозах // Совершенствование полевых севооборотов ЦЧЗ-Воронеж, 1984. – С. 5–24.

8. Урожайность озимой и яровой пшеницы в зависимости от вида севооборотов и предшественников в засушливой степи Поволжья / Ю.Ф. Курдюков [и др.] // Доклады РАСХН. – 2012. – № 1. – С. 9–12.

9. Шульмейстер К.Г. Борьба с засухой и урожай. – М.: Колос, 1975. – 334 с.

10. Anderson J.P., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 1978, Vol. 10, P. 214–221.

11. Ellemr F., Muller P. Prinzipien der Fruchtfolgeprojektion // Jag.-Ber. (Akad. Landwirtsch.-Wiss., DDR). – Berlin, 1988, Jg. 621, S. 313–319.

12. Ledingham R., Chinn S.F. A flotation method for ob-

taining spores of *Helminthosporium sativum* from soil // Canadian Journal of Botany, 1955, Vol. 33, No. 4, P. 298–303.

Круглов Юрий Владимирович, д-р биол. наук, проф., ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии. Россия.

196608, г. Санкт-Петербург–Пушкин, шоссе Подбельского, 3.

Тел.: (812) 476-18-02.

Курдюков Юрий Федорович, д-р с.-х. наук, проф., главный научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

Шубитидзе Георгий Васильевич, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

410010, Саратов, ул. Тулайкова, 7.

Тел.: (8452) 64-76-88.

Ключевые слова: севооборот; залежь; бессменные посевы; разделители; микроорганизмы; патогены.

**MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOUTHERN CHERNOZEM DEPENDENT ON AGROTECHNIC MEASURES
IN THE DRY STEPPE ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION**

Kruglov Yuriy Vladimirovich, Doctor of Biological Sciences, All-Russian Institute of Agricultural Microbiology. Russia.

Kurdyukov Yuriy Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.

Shubitidze Georgiy Vasilyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.

Keywords: crop rotation; deposit, permanent crops, separators, microorganisms, pathogens.

The results of studying the influence of agrotechnical measures on the indicators of the biological activity of the southern chernozem are presented. For the first time in the Volga region, the carbon content in soil microorganisms is revealed, depending on agrotechnical backgrounds. The agrotechnical methods that allow regulating the biological state of the soil in the arid steppe of the Lower Volga region are substantiated.