

Carex nigra, *Eriophorum vaginatum*, *Parnassia palustris*). The paper estimates the state of rare species populations. The authors analyze the ability of the species to inhabit artificial landscapes and anthropogenically modified phytocoenoses. That shows an exploratory component of ecological-phytocoenotic strategy. Secondary boggy landscapes can play the role of refugia for the species which habitats were lost due to industrial impact.

Keywords: rare species; Red Book; cut-over peat land; phytocoenoses; bog; anthropogenic impact; secondary bogging; ecological-phytocoenotic strategy; refugia; Kirov Region.

УДК 631.46

Статья поступила в редакцию 05.06.2018

ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

© 2018

Заушинцева Александра Васильевна, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники
Кемеровский государственный университет (г. Кемерово, Российская Федерация)

Романов Василий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник отдела агротехнологий

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Федеральный исследовательский
центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Российская Федерация)

Кожевников Николай Владимирович, аспирант кафедры ботаники
Кемеровский государственный университет (г. Кемерово, Российская Федерация)

Аннотация. В настоящее время широкое распространение получают ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур. В связи с недостаточным научным обеспечением необходимо исследование новых технологий обработки в различных почвенно-климатических условиях. В статье анализируется влияние технологических приемов обработки почвы на показатели общей биологической активности чернозема обыкновенного Красноярской лесостепи. Наибольшей интенсивностью почвенного дыхания и целлюлозолитической активности характеризуется почва целинного варианта. Многолетняя обработка чернозема обыкновенного опытного поля привела к снижению общей биологической активности в среднем на 30,5–33,5%. Внедрение новых технологий возделывания полевых культур, основанных на прямом посеве и минимальной обработке почвы, поддерживает высокий уровень общей биологической активности в течение вегетационного периода. Наибольшая биологическая активность наблюдается при минимальной обработке почвы. Значительное влияние на показатели общей биологической активности оказали гидротермические условия. Повышенная влажность почвы вызвала значительное увеличение целлюлозоразлагающей активности на 27–38% и почвенного дыхания на 17–24%. При увеличении влажности почв более выражено проявилось влияние обработки почвы. Возделываемые культуры не оказали существенного влияния на общую биологическую активность. Использование нулевой обработки привело к приросту урожайности яровой пшеницы на 0,93 ц/га и снижению урожайности овса и ячменя. На варианте минимальной обработки отмечается небольшое снижение урожайности ячменя на 0,25 ц/га и пшеницы на 0,44 ц/га. Снижение производственных затрат при использовании ресурсосберегающих технологий обработки приводит к повышению прибыли и уровня рентабельности. Наиболее высокий уровень рентабельности показали варианты прямого посева при выращивании пшеницы (139,58%) и овса (142,24%).

Ключевые слова: минимальная обработка почвы; прямой посев; чернозем обыкновенный; зерновые культуры; микробиологическая активность; целлюлозолитическая активность; дыхание почвы; рентабельность; Красноярская лесостепь.

Введение

В современной мировой сельскохозяйственной практике на смену традиционным интенсивным технологиям возделывания зерновых культур приходят ресурсосберегающие системы минимальной и нулевой обработки почвы. В связи с обострением экологических проблем и падением уровня плодородия агрогенных почв возникла необходимость проведения исследований по оценке современных приемов производства почвенного плодородия.

Обработка почв – важнейший элемент технологии возделывания культурных видов растений, от которого зависят факторы почвенного плодородия. Изменяя структуру и строение пахотного горизонта, механическая обработка изменяет тепловой и водно-воздушный режим почвы, оказывает влияние на микробиологическую активность и круговорот питательных элементов [1; 2].

Разрабатывая рациональные и экологически безопасные технологии обработки, необходимо учитывать их влияние на биологические свойства почвы, характеризующие состояние почвенного плодородия [3; 4]. Биологическая активность, благодаря высокой чувствительности и устойчивости, объективно отражает изменения, происходящие в экологическом состоянии агрогенных почв [5]. В нашей работе биологическую активность оценивали по интенсивности выделения углекислого газа и скорости разложения клетчатки, а также была определена микробиологическая активность.

В качестве комплексного показателя биологической активности почвы наиболее часто рассматривают целлюлозолитическую активность [6]. Процессы разложения клетчатки в почве позволяют судить об интенсивности биохимических процессов и биологическом круговороте элементов питания, а следо-

вательно, о биологической активности и уровне почвенного плодородия [7].

Интенсивность разложения клетчатки отражает общую направленность микробиологических процессов в почве и может использоваться при изучении влияния различных агротехнических приемов на плодородие почвы и служить характеристикой экологического состояния изучаемой территории [8].

Интенсивность дыхания является четким и выразительным показателем изменения почвенной биологической активности в сезонной динамике, при изменении погодных условий, при негативном техногенном воздействии и т.д. Она положительно коррелирует с микробиологической активностью и содержанием органического вещества [9].

Микроорганизмы занимают ключевое положение в потоке энергии и круговороте биогенных элементов. При сельскохозяйственном использовании почв происходят коренные преобразования структуры микробных ассоциаций. На современном этапе для поддержания и воспроизводства плодородия агрогенных почв необходим динамический контроль состояния почвенной микрофлоры [4].

Цель и объекты исследования

Цель наших исследований заключалась в оценке ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы с учетом их влияния на биологическую активность, урожайность культурных видов растений и плодородие чернозема обыкновенного в условиях Красноярской лесостепи.

Исследования проведены в период 2015–2017 гг. на территории опытно-производственного хозяйства «Минино», расположенного в 4 км от г. Красноярск. Почвы стационарного полевого опыта представлены среднесуглинистыми обыкновенными черноземами. При исследовании уровня и характера динамики биологической активности почв в качестве эталона принят соответствующий почвенный аналог целины.

В работе рассмотрены следующие системы обработки почвы:

1. «Классическая» зяблевая вспашка на глубину 20–22 см и предпосевной культивации весной. Посев проводился сеялкой СЗС – 2,1 на глубину 5–6 см.

2. «Минимальная» состояла из осеннего и весеннего дискования тяжелой бороной на 8–10 см при помощи БДМ – 6 «Рубин» фирмы «Лемкен». Посев проводился сеялкой СЗС 2,1 на 5–6 см.

3. «Нулевая» (технология no-till), здесь механическая обработка не производилась, прямой посев проведен усовершенствованной сеялкой СЗС – 2,1 на 5–6 см. Для обработки почвы использовался колесный трактор марки Джон-Дир.

Исследования проведены на вариантах с посевами пшеницы (Новосибирская 29), овса (Саян), ячменя (Буян). Культуры выращиваются с внесением 1 ц/га аммиачной селитры перед посевом культур одновременно по всем полям севооборота и всем вариантам обработки сеялкой СЗ – 3,6.

Для изучения динамики биологической активности почвенные образцы отбирались в разные периоды развития полевых культур: фазу кушения, трубкавания и перед уборкой яровых зерновых. Отбор образцов на опытных вариантах и целинном аналоге производился одновременно на глубине 0–20 см.

Материалы и методика исследований

Целлюлозолитическую активность почв определяли аппликационным методом в чашках Петри путем учета остаточного количества нерасщепленной целлюлозы [10]. Об интенсивности целлюлозолитической активности образца судили по разнице в массе (в %) фильтровальной бумаги до и после инкубации. Опыт проведен в трехкратной повторности. Срок инкубации составлял 30 суток при оптимальных для развития микроорганизмов условиях влажности и температуры. Общий вид фильтровальной бумаги до и после инкубации представлен на рис. 1.

Интенсивность почвенного дыхания в лабораторных условиях определен по методике Галстяна в трехкратной повторности. Метод основан на определении интенсивности дыхания почвы по учету количественных изменений содержания углекислого газа в определенном замкнутом пространстве с помощью широкогорлых конических колб [11].

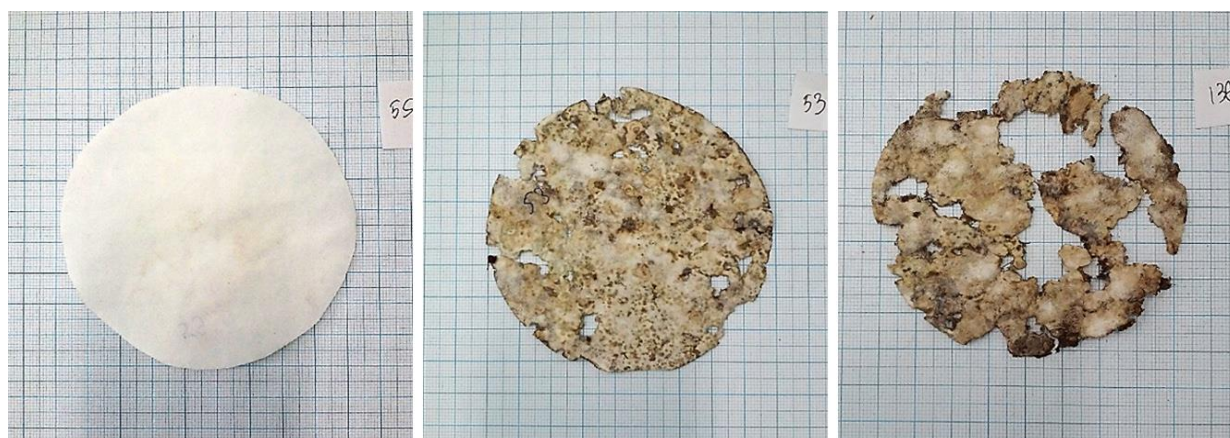


Рисунок 1 – Вид фильтровальной бумаги до и после инкубации (в центре представлен вариант опытного поля, справа – целинного аналога)

Выделение микроорганизмов из почвенных образцов проведен методом посева разведенной почвенной взвеси на твердые стерильные питательные среды в чашки Петри. Для определения бактерий ис-

пользовали мясопептонный агар, для актиномицетов крахмало-аммиачный агар, для грибов синтетическую среду Чапека. Для получения сравнимых и более полных результатов произведен пересчет коли-

чества обнаруживаемых микроорганизмов на 1 г абсолютно сухой почвы. Данные численности представлены в КОЕ (колониеобразующих единицах) в пересчете на 1 г воздушно-сухой почвы.

*Результаты исследований
и их обсуждение*

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований получены с метеорологической

станции п. Монино. В 2015 г. погодные условия вегетационного периода характеризовались как недостаточно влажные, а в 2016–2017 гг. как избыточно влажные и теплые, с превышением среднемесячных температур многолетних показателей. Распределение среднесуточных температур и осадков за вегетационный период АМС «Монино» по годам исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Гидротермические условия за вегетационный период на территории опытно-производственного хозяйства «Монино»

Год	Месяц				Май-август	Процент к норме
	май	июнь	июль	август		
Среднесуточная температура воздуха, °С						
2015	11,4	17,4	20,1	17,2	16,5	110,0
2016	8,7	19,3	20,6	16,7	16,3	108,6
2017	11,2	19,8	18,8	16,4	16,5	110,0
Среднегодовые	10,0	15,0	19,0	16,0	15,0	–
Осадки, мм						
2015	24,8	70,5	52,7	42,2	190,2	95,6
2016	51,6	38,3	147,4	56,1	293,4	147,4
2017	36,0	48,0	61,0	154,0	299,0	150,2
Среднегодовые	29,0	43,0	66,0	61,0	199,0	–

Наибольшему воздействию при сельскохозяйственном использовании подвержены верхние горизонты агрогенных почв [5]. Многолетняя обработка чернозема обыкновенного опытно-производственного хозяйства привела к снижению показателей биологической активности пахотных горизонтов.

По всем изученным вариантам обработки интенсивность разрушения целлюлозы характеризуется

как сильная. Наибольшей целлюлозоразрушающей способностью обладала почва целинного участка. Ее уровень составил 33,98%. Среди вариантов опыта наибольший процент разложения целлюлозы отмечен при применении минимальной обработке. Целлюлозолитическая активность в зависимости от системы основной обработки представлена на рис. 2.

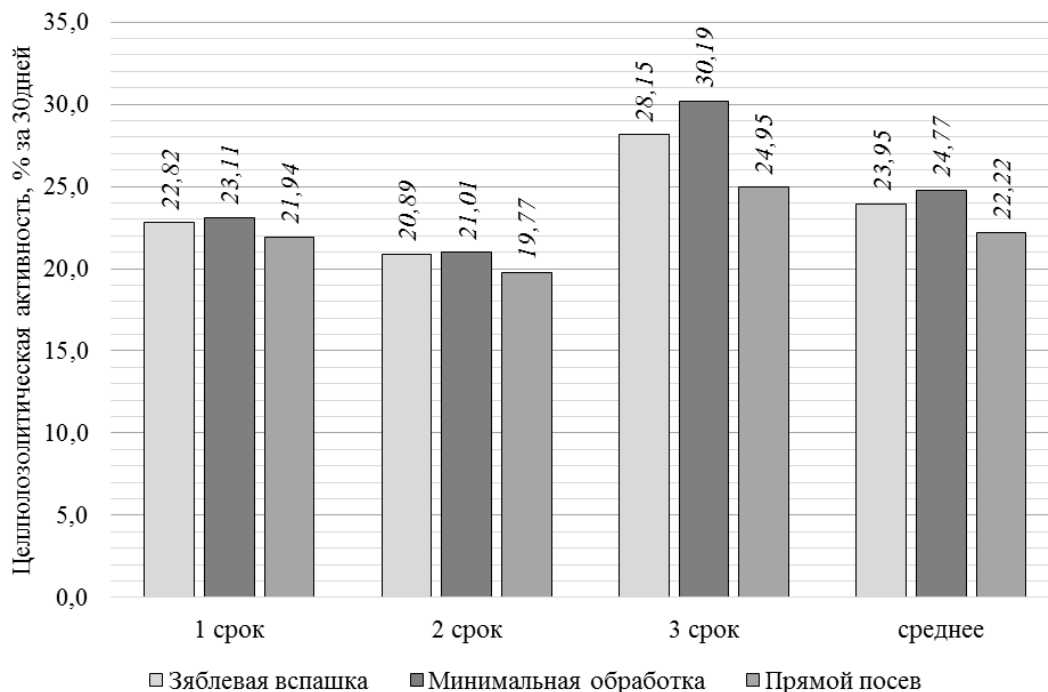


Рисунок 2 – Средняя динамика целлюлозолитической активности в зависимости от основной обработки почвы, 2015–2017 гг.

Весной небольшая целлюлозолитическая активность определяется низкой температурой атмосферного воздуха и почвенного покрова. В этот период наиболее активны аэробные целлюлозоразрушающие бактерии, запускающие процесс органического распада в поверхностном слое почвы после зимнего перерыва.

В середине вегетации, с повышением температурного режима, активизируются почвенные микроорганизмы, положительно влияя на интенсивность целлюлозолитических процессов.

К концу вегетации наблюдалось повышение целлюлозоразлагающей активности по всем вариантам опыта. Достаточно высокую активность этого пока-

зателя можно объяснить поступлением в пахотный горизонт органического вещества в виде растительного материала полевых культур, отмирающих в конце вегетационного периода [12].

Минимизация почвенной обработки приводит к увеличению плотности почв. В результате уменьшения степени аэробности в корнеобитаемом слое про-

исходит снижение целлюлозоразлагающей активности при прямом посеве. На варианте с дискованием интенсивность разложения целлюлозы выше за счет лучшей аэрации почвы. Целлюлозолитическая активность пахотного горизонта в зависимости от системы основной обработки представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Целлюлозолитическая активность в зависимости от технологии обработки почвы, % за 30 дней

Культура	Технология обработки	Год определения			Среднее за 3 года
		2015	2016	2017	
Пшеница	Классическая обработка	18,84	26,88	25,76	23,83
	Минимальная обработка	19,98	28,94	26,57	25,16
	Нулевая обработка	17,71	24,32	24,27	22,10
Овес	Классическая обработка	16,96	26,71	25,32	23,00
	Минимальная обработка	17,43	28,31	26,76	24,17
	Нулевая обработка	17,71	24,43	24,90	22,35
Ячмень	Классическая обработка	19,92	28,14	27,04	25,03
	Минимальная обработка	19,85	28,70	26,39	24,98
	Нулевая обработка	17,76	24,37	24,53	22,22
Целинный аналог		30,63	33,32	32,65	32,20
НСР ₀₅		2,14	2,25	2,74	2,13

В благоприятных по гидротермическим условиям 2016 и 2017 годах целлюлозолитическая активность значительно превышает показатели, полученные в 2015 году. Высокая влажность и температура почвы вызвала значительное увеличение целлюлозоразлагающей активности на 29–33% в зависимости от срока отбора образцов. При этом более выражено проявилось влияние обработки почвы. В избыточно влажном 2017 г. происходит незначительное снижение биологической активности почвы и, как следствие, целлюлозолитической активности.

Интенсивность почвенного дыхания находится в зависимости от экологических факторов, основные из которых температура и влажность, а также особенностями агротехники [13]. Наибольшая интенсивность почвенного дыхания отмечена на целинном

варианте. Многолетняя обработка чернозема обыкновенного опытного поля приводит к снижению интенсивности дыхания в среднем в 1,44 раза. На контроле весной эта величина составила 19,55 мг, летом 14,62 мг и осенью 18,93 мг CO₂/10 г за 24 часа.

Сезонная изменчивость почвенного дыхания проявляется в снижении этого показателя в середине вегетационного периода. В образцах почв первого срока отбора интенсивность почвенного дыхания довольно высока и находилась в пределах 11,97–13,41 мг CO₂/10 г за 24 часа. Интенсивность дыхания в летний период снижается до 9,06–9,72. Максимальным уровнем почвенного дыхания отмечен осенью в интервале 14,54–15,96 мг CO₂/10 г за 24 часа (рис. 3).

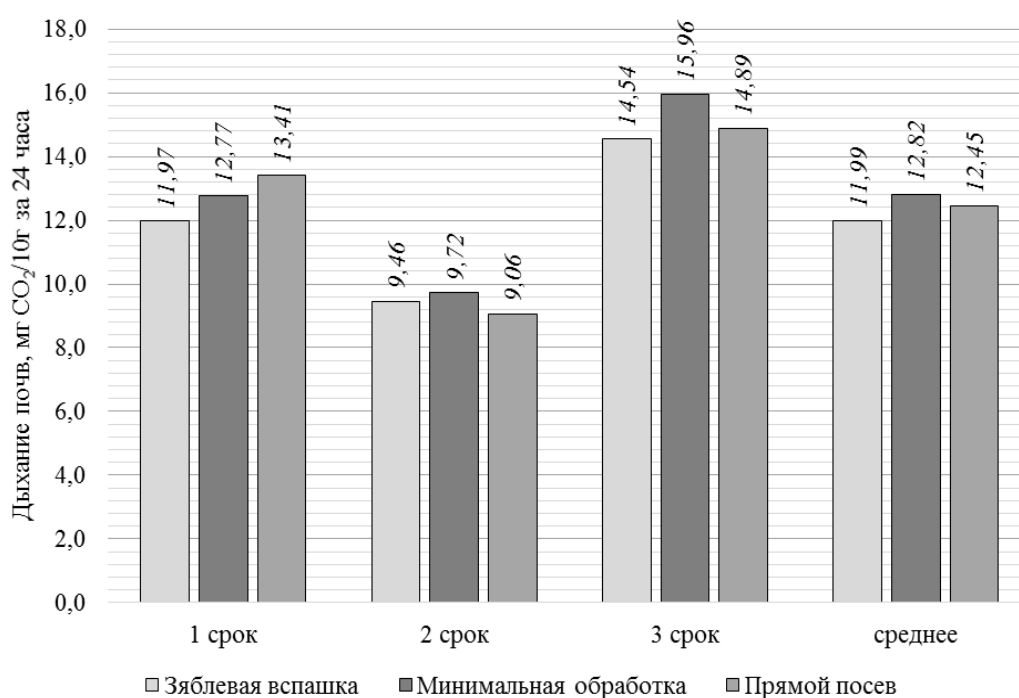


Рисунок 3 – Средняя динамика интенсивности почвенного дыхания в зависимости от основной обработки почвы, 2015–2017 гг.

В условиях Красноярской лесостепи установлено, что различные способы обработки почвы влияют на почвенное дыхание. Проведенные исследования показали, что наибольшая интенсивность почвенного дыхания наблюдается при минимальных, а наименьшая – при отвальных обработках почвы.

В полевых условиях пик выделения углекислого газа приходится на середину лета и обусловлено интенсивным дыханием корней и деятельностью микроорганизмов. В контролируемых лабораторных условиях влияние погодных условий устранено. В этих условиях дыхание почв обусловлено дыханием микроорганизмов, что подтверждается данными динамики общей численности микроорганизмов, полученных нами ранее.

На варианте с классической обработкой при обороте почвенного пласта происходит снижение активности почвенной микробиоты, а следовательно, отмечается снижение эмиссии CO₂. Высокая энергия «дыхания» почвы при минимализации обработки

происходит за счет скопления микроорганизмов в верхнем слое пахотного горизонта.

Несмотря на сезонные колебания интенсивности почвенного дыхания, в среднем за вегетационный период складывается одинаковая тенденция повышения почвенного дыхания при снижении механической нагрузки на почву.

Работами многих авторов выявлена прямая корреляционная зависимость интенсивности почвенного дыхания от температуры и влажности почвы [14; 15]. В благоприятных по влажности 2016 и 2017 гг. интенсивность почвенного дыхания превышала показатели, полученные в 2015 году. Благоприятные гидротермические условия привели к повышению продуцирования CO₂ на 17,9%. При этом происходит снижение различий между вариантами опытного поля. Интенсивность почвенного дыхания в пахотном слое в зависимости от системы основной обработки почвы представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Интенсивность почвенного дыхания в зависимости от технологии обработки почвы, мг CO₂/10 г за 24 часа

Культура	Технология обработки	Год определения			Среднее за 3 года
		2015	2016	2017	
Пшеница	Классическая обработка	10,17	12,76	12,05	11,66
	Минимальная обработка	10,56	13,71	12,51	12,26
	Нулевая обработка	10,55	13,84	12,21	12,20
Овес	Классическая обработка	10,92	13,22	12,86	12,33
	Минимальная обработка	11,88	14,51	13,94	13,44
	Нулевая обработка	11,19	14,24	12,85	12,76
Ячмень	Классическая обработка	10,56	12,99	12,40	11,98
	Минимальная обработка	10,94	14,46	12,84	12,75
	Нулевая обработка	10,69	14,09	12,41	12,40
Целинный аналог		16,87	18,53	18,45	17,95
НСР ₀₅		0,90	0,94	1,16	0,95

В периоды значительного переувлажнения почвы зависимость от влажности почвы носит обратный характер и вызывает снижение интенсивности дыхания [14; 15]. Наши данные подтверждают это утверждение, в избыточно влажном 2017 г. происходит небольшое уменьшение скорости продуцирования CO₂.

Уплотнение почвы при применении минимальной обработки и прямого посева не приводит к уменьшению продуцирования CO₂. По имеющимся в литературе данным, тенденция уменьшения скорости продуцирования CO₂ почвой прослеживается при плотности почвы 1,4 г/см³ и выше [16].

Минимизация и отсутствие обработки позволили накопить на поверхности почвы мульчирующий слой из растительных остатков и измельченной соломы в количестве 9–13 т/га. Для большинства микроорганизмов органическое вещество является основным источником энергии и питательных веществ, поэтому при минимизации обработки биологическая активность почв повышается. В наших исследованиях повышение микробиологической активности в пахотном горизонте положительно отразилось на поч-

венном дыхании и не повлияло на целлюлозолитическую активность.

В первый срок определения отмечается высокая микробиологическая активность. К середине вегетации происходит снижение влажности почвы и уменьшение количества свежего органического вещества, что приводит к спаду активности почвенных микроорганизмов.

В конце вегетационного периода общая численности микроорганизмов возрастает, что связано с накоплением свежего органического вещества в виде растительных остатков и корневых выделений (рис. 4).

За время исследований более благоприятные экологические условия для развития почвенной микрофлоры отмечены на вариантах с дискованием и прямым посевом. Значительных различий в численности почвенной микрофлоры под влиянием изучаемых зерновых культур не обнаружено.

Общая численность микроорганизмов в посевах зерновых культур в зависимости от основной обработки почвы представлена в таблице 4.

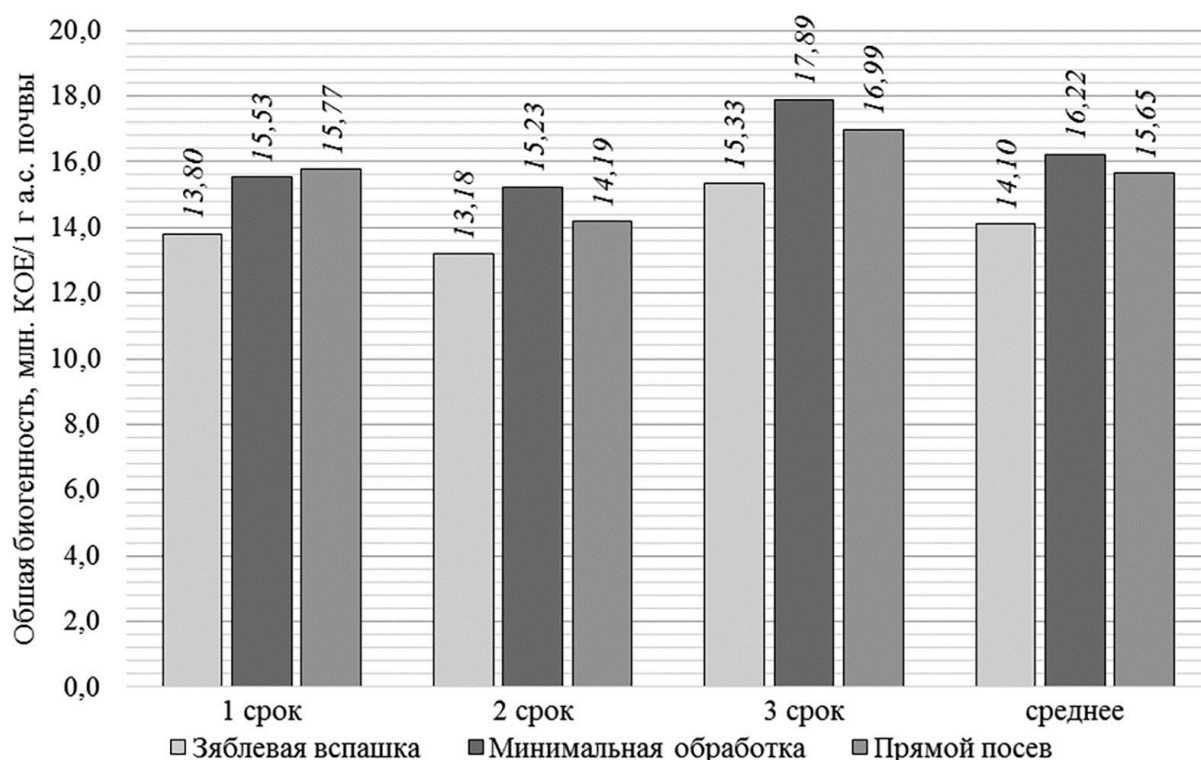


Рисунок 4 – Средняя динамика общей численности микроорганизмов в зависимости от основной обработки почвы, 2015–2017 гг.

Таблица 4 – Общая численность микроорганизмов в зависимости от технологии обработки почвы, млн КОЕ/1 г а.с. почвы

Культура	Технология обработки	Год определения			Среднее за 3 года
		2015	2016	2017	
Пшеница	Классическая обработка	12,71	14,14	15,12	13,99
	Минимальная обработка	14,78	16,81	17,40	16,33
	Нулевая обработка	14,49	16,10	16,41	15,66
Овес	Классическая обработка	12,97	14,58	15,25	14,26
	Минимальная обработка	14,55	16,88	17,54	16,33
	Нулевая обработка	14,52	16,22	16,49	15,74
Ячмень	Классическая обработка	12,80	14,26	15,09	14,05
	Минимальная обработка	14,74	16,41	16,84	15,99
	Нулевая обработка	14,44	15,93	16,22	15,53
Целинный аналог		16,87	20,73	24,07	24,44
НСР ₀₅		0,90	0,71	0,79	1,03

Интегральным показателем и оценкой эффективности использования различных технологий обработки почвы служит урожайность возделываемых культур [17]. В зоне лесостепи урожайность зерновых культур имеет значительные колебания не только по годам исследований, но и в зависимости от

способа обработки почвы. Минимизация способствует формированию более высокой урожайности зерновых культур [18]. Влияние систем основной обработки на урожайность культур представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Урожайность зерновых культур в зависимости от технологии обработки почвы, ц/га

Культура	Технология обработки	Год определения			Среднее за 3 года	Прибавка урожая
		2015	2016	2017		
аммиачная селитра, 1 ц/га						
Пшеница	Классическая обработка	39,5	27,0	21,9	29,47	нет
	Минимальная обработка	42,5	24,0	20,6	29,03	-0,44
	Нулевая обработка	41,3	28,0	21,9	30,40	+0,93
Овес	Классическая обработка	42,3	47,7	36,8	42,27	нет
	Минимальная обработка	41,9	42,8	33,5	39,40	-2,87
	Нулевая обработка	39,6	37,8	35,1	37,50	-4,77
Ячмень	Классическая обработка	–	24,0	23,9	23,95	нет
	Минимальная обработка	–	23,2	24,2	23,70	-0,25
	Нулевая обработка	–	23,2	22,0	22,60	-1,35

В среднем за три года исследований урожайность зерна яровой пшеницы выше на вариантах прямого посева, выращивание ярового ячменя и овса с применением ресурсосберегающих систем обработки привело к снижению урожайности. При выращивании пшеницы прибавка урожая 0,93 ц/га получена на варианте с прямым посевом. Использование минимальной обработки при выращивании пшеницы привели к небольшому снижению урожайности в размере 0,44 ц/га.

Снижение урожая зерна по сравнению к зяблевой вспашке при выращивании ячменя составила 0,25 ц/га на варианте с минимальной обработкой и 1,35 ц/га на варианте с прямым посевом. Применение ресурсосберегающих технологий при выращивании овса привело к значительному снижению урожайности – на 2,87 на варианте минимальной обработки и 4,77 ц/га на варианте прямого посева.

Для определения наиболее эффективного варианта агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур проведен расчет соотношения экономического результата и затрат, обеспечивающих этот

Таблица 6 – Экономическая эффективность производства зерновых культур в зависимости от технологии обработки почвы, %

Культура	Технология обработки	Год определения			Среднее за 3 года
		2015	2016	2017	
Пшеница	Классическая обработка	154,20	73,76	40,94	89,63
	Минимальная обработка	208,77	74,37	49,66	110,93
	Нулевая обработка	225,48	120,67	72,59	139,58
Овес	Классическая обработка	123,13	151,62	94,12	122,96
	Минимальная обработка	149,52	154,88	99,50	134,63
	Нулевая обработка	155,81	144,18	126,74	142,24
Ячмень	Классическая обработка	–	39,26	38,68	38,97
	Минимальная обработка	–	51,98	58,53	55,26
	Нулевая обработка	–	64,85	56,33	60,59

Применение ресурсосберегающих технологий обработки существенно снижает производственные затраты, что приводит к росту рентабельности возделывания зерновых культур. Высокий уровень рентабельности прямого посева при невысокой урожайности зерновых культур связан с сокращением затрат на обработку почвы и экономии топлива. При использовании минимальной технологии трудозатраты сокращаются на 35,5%, ГСМ на 40,3%, при технологии прямого посева трудозатраты сократились на 49,1%, ГСМ на 64,2%, чем при использовании традиционной технологии с зяблевой вспашкой.

Выводы

1. Обработка почвы опытного поля привела к снижению интенсивности почвенного дыхания на 30,9% и целлюлозолитической активности на 26,8%. При снижении механической нагрузки на почву отмечена одинаковая тенденция повышения почвенного дыхания. Максимальная интенсивность целлюлозолитической активности почвы отмечена на варианте с дискованием, минимальная – на варианте прямого посева. Применение энергосберегающих технологий возделывания зерновых культур на черноземах обыкновенных в условиях Красноярской лесостепи приводит к увеличению микробиологической активности, без изменения естественного соотношения основных групп микроорганизмов. Возделываемые культуры не оказали существенного влияния на биологическую активность.

результат. Полученный показатель показывает экономическую эффективность внедрения научных разработок в сельскохозяйственном производстве и служит основанием для объективной оценки достоинств и недостатков ресурсосберегающих способов обработки почвы [19].

Для экономической оценки определены затраты на один гектар посева зерновых культур при различных системах основной обработки почвы [20]. Самая низкая себестоимость зерновых культур наблюдается на варианте прямого посева – себестоимость пшеницы составила 2546 руб./т., ячменя 3425 руб./т. и себестоимость овса 2064 руб./т. Расчет экономической эффективности производства зерновых культур показал, что наиболее высокий уровень рентабельности показали варианты прямого посева при выращивании пшеницы 139,58%, овса 142,24% и 60,59% ячменя. Применение классической зяблевой вспашки привело к существенному снижению рентабельности на вариантах с выращиванием ячменя и пшеницы. Экономическая эффективность возделывания зерновых культур приведена в таблице 6.

2. Применение прямого посева приводит к повышению урожайности яровой пшеницы на 0,93 ц/га и снижению урожайности при выращивании ячменя и овса. Применение минимальной обработки почвы привело к небольшому снижению урожайности яровой пшеницы на 0,44 ц/га и ячменя на 0,25 ц/га. При выращивании овса происходит снижение урожайности на варианте минимальной обработки на 2,87 ц/га и 4,77 ц/га на варианте прямого посева.

3. Применение ресурсосберегающих технологий обработки существенно снижает производственные затраты, приводит к повышению прибыли и уровня рентабельности. Наиболее высокий уровень рентабельности показали варианты прямого посева при выращивании пшеницы (139,58%) и овса (142,24%). Применение классической зяблевой вспашки привело к существенному снижению рентабельности на вариантах с выращиванием ячменя и пшеницы.

Список литературы:

1. Дорожко Г.Р., Власова О.И., Тивиков А.И. Адаптивные энерго- и почвосберегающие технологии возделывания полевых культур // Экология и устойчивое развитие сельской местности. 2012. С. 91–95.
2. Рябов Е.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Минимальная почвозащитная обработка, удобрения, пестициды, машины и орудия). Ставрополь: Изд-во СтГАУ «Агрис», 2003. 152 с.

3. Пилецкая О.А. Биологическая активность черноземной почвы при использовании различных систем удобрения: дис. ... канд. биол. наук. Благовещенск, 2015. 152 с.
4. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. 260 с.
5. Даденко Е.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню // Почвоведение. 2014. № 6. С. 724–733.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ. 2003. 216 с.
7. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник КрасГАУ. 2015. № 7. С. 45–49.
8. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Роль агро-мелиоративных приемов в улучшении основных агрофизических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // Агропанорама. 2013. № 6. С. 10–12.
9. Курганова И.Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27, 03.00.16. Пущино, 2010. 401 с.
10. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 304 с.
11. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
12. Пряженникова О.Е. Целлюлолитическая активность почв в условиях городской среды // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 3 (47). С. 10–13.
13. Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Масютенко М.Н. Влияние вида севооборота, системы обработки почвы и экспозиции склона на динамику эмиссии CO₂ из чернозема типичного // Достижения науки и техники АПК, 2013. № 6. С. 34–37.
14. Bekku Y.S., Nakatsubo T., Kume A. et. al. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils // Applied Soil Ecology. 2003. Vol. 22. P. 205–210.
15. Chen H., Tian H.-Q. Does a general temperature-dependent Q₁₀ model of soil respiration exist at biome and global scale? // Journal of Integrative Plant Biology. 2005. Vol. 47, № 11. P. 1288–1302.
16. Шарков И.Н., Шепелев А.Г., Мишина Г.В. Продуцирование CO₂ пашней на черноземе выщелоченном в условиях центральной лесостепи Западной Сибири // Агротехника. 2013. № 5. С. 51–57.
17. Thierfelder C., Chisui J.L., Gama M., Cheeseman S., Jere Z.D., Bunderson W.T., Eash N.S., Rusinamhodzi L. Mai-based Conservation Agriculture systems in Malawi: Long-term trends in productivity. Field Crops Research, 142. 2013. P. 47–57.
18. Романов В.Н., Петровский Н.В., Колесников А.С. Продуктивность культур в зависимости от основной обработки почвы в условиях Красноярской лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 63–66.
19. Кузнецова Т.Г. Влияние приемов биологизации обработки почвы на засоренность посевов и урожайность культур: дис. ... канд. с/х. наук. Воронеж, 2014. 142 с.
20. Романов В.Н., Колесников А.С., Заушинцева А.В., Кожевников Н.В. Энергетическая оценка ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях лесостепи Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2018. № 2. С. 9–16.

RESOURCE-SAVING METHODS OF CULTIVATION OF GRAIN CROPS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ORDINARY BLACK SOIL

© 2018

Zaushintsena Alexandra Vasilyevna, doctor of biological sciences, professor of Botany Department
Kemerovo State University (Kemerovo, Russian Federation)

Romanov Vasily Nikolaevich, doctor of agricultural sciences, leading researcher of Agrotechnology Department
*Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS»
(Krasnoyarsk, Russian Federation)*

Kozhevnikov Nikolay Vladimirovich, postgraduate student of Botany Department
Kemerovo State University (Kemerovo, Russian Federation)

Abstract. The article analyzes the role of resource-saving technologies to grain crop cultivation. Although there is a growing interest to the problem there is still a lack of theoretically analysis. Thus, the authors show the importance of resource-saving technologies in different soil and climate conditions. The article analyzes the influence of technological methods of soil cultivation on general biological activity of the chernozem of the Krasnoyarsk forest-steppe. The soil of the virgin variant is characterized by the greatest intensity of soil respiration and cellulolytic activity. Long-term processing of the chernozem of an ordinary experimental field led to a decrease of overall biological activity by an average of 30,5–33,5%. As a result, it has been established that methods of soil cultivation have a strong influence on biological activity and soil respiration during vegetation period. The greatest biological activity is observed at minimum soil cultivation. Hydrothermal conditions influence on the process of biological activity. High humidity caused a significant growth in cellulose-decomposing activity up to 27–38% and soil respiration by 17–24%. Humidity increasing caused the process of soil respiration. Cultivated crops didn't influence on the process of biological activity. Zero cultivation caused the increasing spring wheat productivity on 0,93 c / ha and oat and barley productivity reducing. Minimum level of cultivation caused little barley and wheat productivity reducing on 0,25 c/ha. Reduced production costs and resource-saving technologies influence on both profit and the level of profitability increasing. Direct sowing to wheat (139,58%) and barley (142,24%) cultivation caused the highest level of profitability.

Keywords: minimal soil cultivation; direct sowing; common black soil; cereal crops; microbiological activity; cellulolytic activity; soil respiration; level of profitability; Krasnoyarsk forest-steppe.