

ОЦЕНКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ РОСТОВСКОЙ
ОБЛАСТИ ПОД БИНАРНЫМИ ПОСЕВАМИ ПОДСОЛНЕЧНИКАТ.В. МИННИКОВА, Г.В. МОКРИКОВ, К.Ш. КАЗЕЕВ, Ю.В. АКИМЕНКО,
С.И. КОЛЕСНИКОВ

(Южный федеральный университет)

В течение вегетационного сезона 2016 г. изучена ферментативная активность чернозема обыкновенного ООО «Донская Нива» Ростовской области под бинарными посевами подсолнечника. В этом хозяйстве на нескольких тысячах гектар в течение последних 7 лет ведется обработка почвы по технологии No-Till. В результате проведенных исследований выявлено благоприятное влияние бинарных посевов подсолнечника с викой и донником на ферментативную активность почв. Было выявлено, что чернозем обыкновенный имеет высокую активность каталазы и инвертазы под всеми выращиваемыми растительной культурами. Установлено благоприятное влияние бинарных посевов подсолнечника с донником на активность дегидрогеназ чернозема обыкновенного Ростовской области по сравнению с моно посевами подсолнечника на 11–111%. Протеолитическая активность в посевах с донником и викой увеличивалась по сравнению с контролем до 7,6 раз. Ферментативная активность черноземов имела выраженную динамику в течение всего вегетационного сезона. Активность оксидоредуктаз в целом снижается со снижением влажности в течение вегетационного периода, активность протеазы, напротив, повышается от июня к сентябрю. Показана стимуляция активности протеаз при переходе от влажного (июня) к холодному (сентябрю) периоду в посевах подсолнечника с донником. Установлено, что при совмещении посевов подсолнечника с бобовыми травами, как вики и донник, ферментативная активность почв стабильна на уровне контроля или простимулирована по сравнению с контролем. Активность дегидрогеназ и протеаз показала большую чувствительность к высеваемым по подсолнечнику культурам. При оценке биологической активности почв под бинарными посевами подсолнечника с бобовыми культурами, наиболее информативными и чувствительными к высеваемым совместно с подсолнечником культурам являются активность дегидрогеназ и протеаз.

Ключевые слова: агрочернозем, прямой посев, бинарные посева, No-Till, ферментативная активность, каталаза, дегидрогеназы, инвертаза, протеазы, плодородие

Введение

Для сельскохозяйственных целей в Ростовской области используют обширные территории, занятые типами черноземов, называемыми агрочерноземами. Традиционная обработка почвы приводит к глубокому рыхлению, и как следствие снижению влажности, структурности, прочности агрегатов, и может привести к уплотнению почвы. Проблему биологизации или экологизации почв, подверженных сельскохозяйственной обработке, возможно, разрешить в случае развития и освоения наукоемких технологий в направлении максимального ресурсо- и энергосбережения, внедрения мероприятий и технологий на основе минимизации обработок почвы и

перехода на прямой посев (No-Till). Биологизация сельскохозяйственных угодий самых почв юга России особенно актуальна [1, 3, 7, 37]. Кроме того, помимо технологии возделывания почвы, приоритетное направление – совместные или бинарные посевы культурных растений с кормовыми бобовыми травами [13].

Одной из наиболее популярных сельскохозяйственных культур, высеваемых в Ростовской области, является подсолнечник. Урожайность подсолнечника зависит от типа применяемой обработки почвы. В Ростовской области в 2016 г. собрали 1 087,0 тыс. тонн семян подсолнечника (11,1% в общих сборах). По отношению к 01 ноября 2015 года сборы увеличились на 307,1 тыс. тонн или на 39,4%. При увеличении производства семян подсолнечника наблюдают увеличение технологических затрат на выращивание культуры и себестоимости семян.

По литературным данным известно, что традиционная обработка почвы, использующая методы интенсивной обработки, рано или поздно приводит к снижению запаса почвенного гумуса, уменьшению почвенно-биологической активности и эрозии вплоть до деградации почвы, а также снижению урожайности [10, 23]. При полном отказе от любой обработки почвы, таком как No-Till, снижается эрозия, повышается содержание гумуса, восстанавливается микробная биомасса в почве, улучшается структура почвы и в результате – повышается плодородие почвы [7, 25].

О потенциальной биологической активности почв после применения того или иного вида обработки судят по интенсивности ферментативной активности почв. Наиболее информативными, по данным многочисленных исследований, показаны ферменты двух классов: оксидоредуктазы (отвечают за окислительно-восстановительные процессы) и гидролазы (отвечают за гидролитический распад дисахаридов, процессы трансформации азотсодержащих и фосфорсодержащих компонентов почв) [17, 20].

Активность оксидоредуктаз почв используется в качестве диагностического показателя при оценке нарушенности или благополучия почв при использовании технологий обработки почвы [6, 14, 17, 19, 34]. По данным исследований активность оксидоредуктаз залежей и целинных почв, (таких как пероксидазы и полифенолоксидазы), вниз по профилю увеличиваются на залежных участках, а на пахотном варианте, наоборот, уменьшается [10, 23]. Если активность каталазы изменяется незначительно в исследуемых почвах, причем наибольшая активность наблюдается на пашне по всему профилю, то для дегидрогеназной активности поведение отличается неоднозначностью, то повышаясь, то понижаясь в различных частях профиля [23]. Однако другими авторами отмечено, что каталазная активность почвы отражает общий окислительный потенциал почвы и является наиболее чувствительной к антропогенной и агрогенной нагрузке [29].

Ферменты класса гидролаз осуществляют разложение сложных органических веществ до простых: инвертазу используют для оценки скорости разложения в почве дисахаридов и близких к ним углеводов на молекулы глюкозы и фруктозы, а протеазу, как основной разрушитель белковых соединений в почве до аминокислот, амидов и аминов [29, 32]. Доказано, что выведение почвы в залежь сопровождается увеличением активности инвертазы [10, 23]. Активность протеазы ненарушенных и целинных почв в настоящее время достаточно мало изучена. Ф.Х. Хазиев [29, 30] рекомендует использовать для оценки биологической активности целинных почв активность

протеазы, от активности которой в том числе зависит скорость процессов сложного цикла трансформации азота в почвах.

Цель работы: оценить ферментативную активность черноземов Ростовской области под бинарными посевами подсолнечника.

Материалы и методы исследований

Объекты исследования – агрочерноземы разной мощности, степени выщелоченности, от карбонатов и гумусированности [17]. Согласно Классификации почв России (2004) – это агрочерноземы обыкновенные карбонатные теплые, кратковременно [31]. По Международной реферативной базе почвенных ресурсов (World Research Base) исследуемые почвы относят к Calcic Chernozems [35].

В агропредприятии ООО «Донская Нива» на территории нескольких тысяч гектар с 2008 года применяются новые способы обработки почвы и выращивания сельскохозяйственных культур по технологии No-Till. В том числе, в этом хозяйстве практикуется посев монокультуры подсолнечника и совместных (бинарных) посевов подсолнечника с бобовыми культурами (табл. 1). В настоящей работе исследована ферментативная активность 4-х участков с бинарными посевами подсолнечника. Контрольный участок представлен посевом монокультуры – подсолнечника (поле №1).

Таблица 1

Изучение эколого–биологических свойств почв при возделывании подсолнечника по технологии No-Till (прямого посева) в одновидовом и бинарном посеве подсолнечника

№ поля	Географические координаты	Вид растительных культур
1	47°48.879 с.ш. 40°27.021 в.д.	Подсолнечник
2	47°48.622 с.ш. 40°26.151 в.д.	Подсолнечник+донник
3	47°48.862 с.ш. 40°27.017 в.д.	Подсолнечник+озимая вика
4	47°48,665 с.ш. 40°27.415 в.д.	Подсолнечник+донник

Образцы почв в 3–5 кратной повторности отобраны в 2016 г. в Октябрьском районе Ростовской области в окрестностях г. Шахты. Образцы почв были отобраны в верхнем слое почвы (0–10 см) во влажном теплом (июнь), сухом жарком (июль) и сухом прохладном (сентябрь) периодах. Средняя температура в июне варьировалась в диапазоне 23–24°C утром и 16–19°C вечером, сумма осадков за месяц–33,0 мм. В июле отмечена температура 27–30°C утром и 23–24°C вечером, сумма осадков за месяц – 24,1 мм. В прохладный сухой период показано 16–20°C утром и 14–15°C вечером, сумма осадков за месяц –23,7 мм.

Ферментативную активность оценивали по изменению активности оксидоредуктаз и гидролаз с использованием стандартных в биологии и экологии почв

методов: активность каталазы по А.Ш. Галстяну (1978), дегидрогеназ А.Ш. Галстяну в модификации Ф.Х. Хазиева; инвертазы по Ф.Х. Хазиеву; протеазы по Ф.Х. Хазиеву в модификации авторов [8, 15, 16]. Опыты поставлены 3–6 кратной повторности.

Биологические свойства пахотных почв при различных системах обработки почв характеризуются высокой степенью варьирования. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Изменение активности оксидоредуктаз. Были определены активности почвенных ферментов, катализирующих окислительные процессы (каталаза), восстановительные процессы (дегидрогеназы) компонентов почв. Активность оксидоредуктаз для полей с бинарными посевами подсолнечника изменялась значительно (рис. 1). Показано, что каталаза полей с посевами донника (поле №2), подсолнечника и донника (поля №№3, 4) снижалась в связи со сменой сезона на 27–31% (рис. 1а). Отмечено превышение контроля (поле №1) на 15–29%. Согласно шкале оценки почв по Д.Г. Звягинцеву [12] по активности каталазы черноземы под бинарными посевами можно оценить, как среднеобогатненные. Обогащенность почв каталазой не меняется в течение сезона, показаны колебания в диапазоне 7–13 мл O_2 /г/мин.

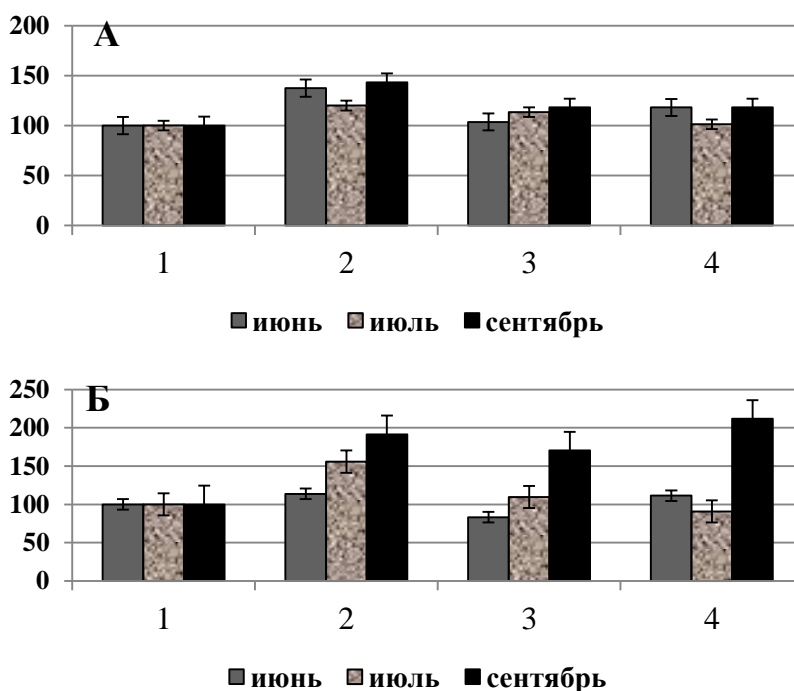


Рис. 1. Изменение активности оксидоредуктаз, в % от контроля: а) каталазы, мл O_2 /г/мин; б) дегидрогеназ, мг ТФФ/10г/24 часа

Согласно А.А. Белоусову (2015) [4] активность каталазы чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи при минимальной обработке на глубине 0–5 см с июня по октябрь снижалась с 4,6 до 4,2 мл O₂/г/мин. Показано превышение активности каталазы при минимальной обработке, чем при отвальной вспашке на 26%. Разница в активности каталазы говорит о бедности черноземных почв Красноярской лесостепи по сравнению с среднеобогаченными черноземами Ростовской области. При достаточной стабильности измеряемых значений отмечают превышение контроля (поле №1) на 15–29%.

Для полей с бинарными посевами подтверждена слабая зависимость между активностью каталазы и типом обработки почв, как показано ранее в работах с залежными и целинными почвами [23]. Наблюдалось снижение каталазной активности с июня по сентябрь. Возможно, высокие значения активности каталазы чернозема бинарных посевов подсолнечника в июне обусловлены активизацией выделений корневых систем растений [30].

Известно, что дегидрогеназы характеризуют микробный пул почвы в целом и участвуют в окислительно–восстановительных процессах, позволяют определить интенсивность процессов трансформации органического вещества почвы. Показано сезонное снижение активности дегидрогеназ на поле с донником (№2) на 21%, с подсолнечником и викой (поле №3) на 28% и (поле №4) на 38% (рис. 1б). При этом для контроля отмечают большее снижение активности дегидрогеназ на 62%. В сентябре активность дегидрогеназ полей №№2, 3, 4 увеличилась по сравнению с контролем на 42, 54 и 48% соответственно.

По шкале Д.Г. Звягинцева (1978) [12] по активности дегидрогеназ почвы под бинарными посевами оценивают как богатые. Дегидрогеназная активность ряда авторов наряду с активностью щелочной фосфатазы и протеаз под влиянием нулевой обработки была выше, чем при традиционной обработке [36, 38]. В течение сезона показано увеличение активности дегидрогеназ относительно контрольного поля на 43–47%, что информирует об усилении восстановительных процессов в почве именно при использовании бинарных посевов.

Влияние нулевой обработки почвы на активность дегидрогеназ чернозема типичного по сравнению с традиционной обработкой показало увеличение в 1,15; 1,58; 1,37 раз соответственно по сравнению со вспашкой, что подтверждает данные других авторов [5]. Поскольку известно, что наибольшая активность фермента соответствует восстановительным процессам в период вегетации растений, то в июле закономерно наблюдали снижение активности дегидрогеназ после сбора урожая. Р.П. Вильный, Е.И. Маклюк, (2014) [5] показали снижение дегидрогеназной активности на всех вариантах опыта, а на некоторых даже на 51% по сравнению с периодом вегетации культуры, что объясняется функциональной особенностью – это фермент наиболее активен в период вегетации растений.

Изменение активности гидролаз. Показано увеличение активности инвертаз поля №14 при смене сезонов на 24% (рис. 2а). Для контрольного поля №1 в динамике с июня по сентябрь показано снижение активности инвертазы на 8%. Отличие от контроля показано для поля №4 с подсолнечником и викой, активность инвертазы остальных полей (№ 2, 3) мало отличалась от контроля.

По шкале оценки инвертазы и определения степени обогащенности почв Звягинцева почвы оценивают, как средней обогащенности и богатые [12].

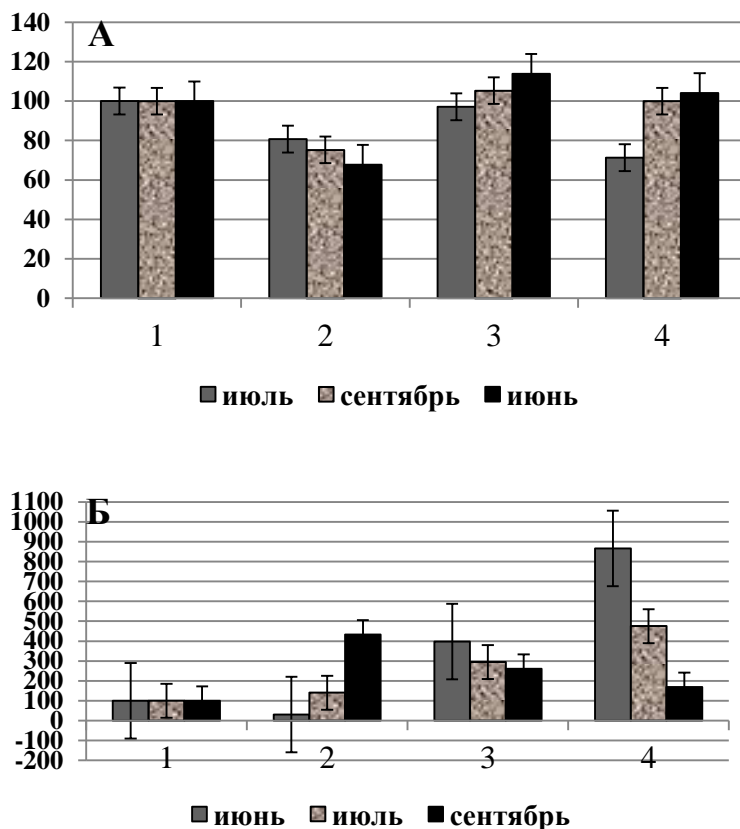


Рис. 2. Изменение активности гидролаз, в % от контроля: а) инвертазы, мг глюкозы/г/24 часа; б) протеазы, мг глицина/10г/24 часа.

Низкая чувствительность активности инвертазы наряду с другими биохимическими показателями почв при минимизации вспашки показана в работе G.M. Chaer, M.F. Fernandes (2010) [33]. Уровень активности инвертазы чернозема типичного в период вегетации существенно не отличался, кроме вариантов культивации (в прикорневой зоне) и No-Till (в междурядьях), что на 18 и 10% ниже по сравнению с другими вариантами. Поэтому инвертазная активность возрастает после сбора урожая на всех вариантах в среднем на 10–15% [5].

Определение активности азотопревращающих ферментов дает возможность оценить роль биохимических процессов в мобилизации почвенного азота. Протеолитическая активность полей №2 и 4 в посевах донника и подсолнечника с викой в сентябре увеличивалась по сравнению с июнем на 21 и 87% (рис. 2б). При этом отмечают существенное варьирование этих показателей. Для поля №14 отмечают снижение на 63% по сравнению с июнем. По сравнению с контролем отмечают высокую протеолитическую активность в течение всего сезона.

В работе Е.Н. Белоусовой, А.А. Белоусова (2015) [4], напротив, показано, что в течение вегетационного сезона протеаза чернозема выщелоченного в верхнем слое почвы (0–5 см) в июле снижается на 60% с последующим восстановлением в октябре, практически до июньского значения. Снижение протеолитической активности, возможно, обусловлено тем, что основная часть азота (до 99 %) представлена трудногидролизуемыми соединениями белков и гумусовых кислот.

Показано, что для почв с нулевым посевом возможно снижение активности протеазы по сравнению с отвальной вспашкой, что обусловлено тем, что протеаза при поверхностных обработках быстрее инактивируется, и для поддержания ее активности необходимо пополнение запаса протеолитических ферментов за счет синтетической деятельности микроорганизмов. Также немаловажным фактором здесь могли стать различия в условиях воздухообмена и температурного режима в почве вариантов. По результатам ряда авторов, прекращение механической обработки сопровождалось всплеском активности протеазы во второй половине вегетации в верхней части пахотного слоя [4].

В течение сезона показано увеличение активности протеазы и стабильное содержание инвертазы. Показано усиление процесса протеолиза, служащего пусковым механизмом, включающим все последующие этапы азотного режима почв.

Ранее нами [2] была показана тесная связь между активностью зимогенной экологической ниши, занимаемой аммонифицирующими бактериями в почвах с применением технологии No-Till, для бинарных посевов подсолнечника зависит от метеорологических условий: в начале вегетации (влажный теплый период) наблюдается наибольшая численность данной группы бактерий, в середине вегетации (сухой жаркий) наблюдается незначительная депрессия бактериальной активности, и значительное уменьшение численности аммонифицирующих бактерий в послеуборочный период (холодный сухой). Однако, активность протеазы во время сухого (июль) и холодного (сентябрь) периодов была выше чем, во время влажного периода (июнь).

Подобные стимуляции активности протеазы могут быть вызваны тем, что в условиях поверхностных обработок протеаза быстро инактивируется и, для поддержания ее активности необходимо пополнение запаса протеолитических ферментов за счет синтетической деятельности микроорганизмов. Следовательно, образовавшиеся в процессе распада белков растительных остатков (вики или донника) и органического вещества почвы в виде пептидов и аминокислоты вовлекаются в состав новообразованных гумусовых веществ, и свидетельствует о торможении минерализации почвенного азота. Похожие зависимости ранее были показаны в работе И.В. Кирюшиной, А.А. Данилова (1990) [18]. Всплеск активности протеаз во второй половине вегетации в верхней части пахотного слоя, вероятно, обусловлен достаточным накоплением нитратного азота. Таким образом, интенсивность протеолитической активности определялась наличием утративших защищенность компонентов органического вещества белковой природы (остатков бобовых культур).

Наиболее чувствительными ферментами для биодиагностики почв под бинарными посевами являются активность дегидрогеназ и протеаз.

Выводы

1. Установлено благоприятное влияние бинарных посевов подсолнечника с донником на активность дегидрогеназ чернозема обыкновенного Ростовской области по сравнению с посевами подсолнечника на 11–111%. Протеолитическая активность в посевах с донником и викой увеличивалась по сравнению с контролем в 1,5–7,5 раз.

2. Показано, что чернозем обыкновенный имеет высокую активность каталазы (6,0–9,5) мл O_2 /г/мин и инвертазы (47–50 мг глюкозы/г/24 часа), которая практически не зависит от вида растительной культуры.

3. Ферментативная активность имеет выраженную динамику в течение всего вегетационного сезона: показано увеличение активности дегидрогеназ с июня по сентябрь на 13–20%. Показана стимуляция активности протеаз при переходе от влажного (июня) к холодному (сентябрю) периоду до 7,6 раз в посевах подсолнечника с викой.

4. Установлено, что при совмещении посевов подсолнечника с кормовыми бобовыми травами, как вика и донник, ферментативная активность почв стабильна на уровне контроля или простимулирована по сравнению с контролем.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/БЧ) и Президента Российской Федерации (НШ–9072.2016.11)

Библиографический список

1. Авдеенко А.П., Черненко В.В., Шестов И.Н., Горячев В.П., Бочарников А.И. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника в зоне рискованного земледелия // АгроЭкоИнфо. 2015, №5.

2. Акименко Ю.В., Мокриков Г.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Влияние технологии прямого посева на микробиологические свойства черноземов / Изд–во ЮФУ. Ростов–на–Дону, 2016. 96 с.

3. Бакиров, Ф.Г. Петрова Г.В. Эффективность технологии No–Till на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1. С. 23–26.

4. Белоусова Е.Н., Белоусова А.А. Оценка протеазной активности чернозема выщелоченного при минимализации обработки // Проблемы современной аграрной науки. Красноярск. 2015. С. 3–5.

5. Вильный Р.П., Маклюк Е.И. Влияние обработки почвы на ферментативную активность чернозема типичного // Вісник ХНАУ Грунтознавство. 2014. № 2. С. 35–41.

6. Виноградов Д.В., Вертелецкий И.А. Рост и развитие масличных культур при разном уровне минерального питания // Междунар. техн.–экон. журн. – 2011. – № 4. С. 99–102.

7. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Эффективность No–Till технологии на черноземных почвах северной лесостепи западной Сибири // Аграрная наука –

сельскому хозяйству сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. 2016. С. 12–14.

8. *Галстян А.Ш.* Унификация методов исследования активности ферментов почв // Почвоведение. 1978. №2. С. 107–114.,

9. *Гридасов, И.И.* Технологические и экономические преимущества минимальной обработки почвы // Земледелие. –1997. – № 1. С. 6–7.

10. *Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Мясникова М.А.* Влияние распашки на биохимические свойства черноземов юга России // Монография / Ростов–на–Дону, 2015. 116 с.

11. *Дедов А.В., Несмеянова М.А., Кузнецова Т.А.* Бинарные посевы с бобовыми травами // Пермский аграрный вестник №2 (6), 2014. С. 10–18.

12. *Звягинцев Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. №6. С. 48–54.

13. *Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Мокриков Г.М.* Влияние покровных сидеральных культур на урожайность подсолнечника // Ресурсосберегающие технологии в растениеводстве межд. нар. науч.–практ. конф. / Нальчик: КБГАУ, 2014. С. 79–84.

14. *Казеев К.Ш., Козунь Ю.С., Самохвалова Л.С., Колесников С.И.* Влияние аридно–сти и континентальности климата на биологические свойства почв в трансек–те Ростов–на–Дону – Астрахань // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 5. С. 46–53.

15. *Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Биодиагностика почв: методология и методы исследований. / Ростов н/Д: Изд–во ЮФУ, 2012. 260 с.

16. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В.* Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов–на–Дону: Издательство ЮФУ, 2016. 356 с.

17. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биология почв юга России. Ростов–на–Дону: Изд–во ЦВВР, 2004. 350 с.

18. *Кирюшин, И.В., Данилова, А.А.* Биологическая активность выщелоченного чернозема Приобья в связи с интенсификацией возделывания зерновых культур //Агрохимия. 1990. № 9. С. 79–86.

19. *Козунь Ю.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Зависимость биологической активности зональных почв юга России от климата Изд–во ЮФУ. 2014 142 с.

20. *Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф.* Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Изд–во Ростиздат, 2006. 385 с.

21. *Лицуков С. Д., Титовская А. И., Акинчин А. В., Сегидин А. Н.* Микробиологическая активность почвы при различных системах земледелия // Теоретический и научно–практический журнал «Вестник» Курской государственной сельскохозяйственной академии, Курск 2013, № 8. С. 57–60.

22. *Мельничук Т.Н., Алексеенко Н.В., Абдурашитов С.Ф., Якубовская А.И., Томашова О.Л.* Влияние системы земледелия No–Till на биологическую активность ризосферы пшеницы озимой // Естественные и математические науки в современном мире. 2016. № 39. С. 15–21.

23. Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Влияние возраста залежей на биологические свойства постагrogenных почв Ростовской области Монография / Ростов–на–Дону, 2015. 130 с.
24. Павлюк Н.Т., Павлюк П.Н., Фомин Е.В. Подсолнечник в Центрально–Черноземной зоне России: монография. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2006. 226 с.
25. Переверзин В.П. Минимальная обработка почвы: плюсы и минусы «Аграрное обозрение» № 3 (55) 2016. С. 40–41.
26. Прудникова (Мясникова) М.А., Даденко Е.В., Ермолаева О.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Использование биологических показателей в мониторинге постагrogenных черноземов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3–4. С. 1406–1409.
27. Сидоров, М.И. Земледелие на черноземах / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков. – Воронеж: Изд–во ВГУ, 1992. 182 с.
28. Ступаков А.Г. Влияние систем обработки почвы на дыхание почвенной биоты чернозема типичного // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. № 7 Год: 2014 С. 56–58.
29. Хазиев Ф.Х. Системно–экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. 203 с.
30. Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. 1991. № 8. С. 88–103.
31. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Ойкумена. 2004. 342 с.
32. Щербакова Т.А. Почвенные ферменты, их выделение, свойства и связи с компонентами почвы // Почвоведение. 1980. № 5. С. 85–92.
33. Chaer G.M., Fernandes M.F. Comparing the sensitivity of physical, chemical and biological properties to a gradient of induced soil degradation // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 2010. P. 37–40.
34. Deng S. P., Tabatabai M. A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils // Biology and Fertility of Soils. 1996, V.22, №3, P. 202–207.
35. IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources, 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. 116 p.
36. Mina, B. L., Saha, S., Kumar, N., Srivastva, A. K., Gupta, H. S. Changes in Soil Nutrient Content and Enzymatic Activity under Conventional and Zero–Tillage Practices in an Indian Sandy Clay Loam Soil. – Nutr Cycl Agroecosyst. 2008: 82: P. 273–281.
37. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No–Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems // Rainfed Farming Systems. London; New York: Springer, 2011. P. 991–1014.
38. Utobo E.B., Tewari L. Soil enzymes as bioindicators of soil ecosystem status // Applied Ecology And Environmental Research 2015. 13(1). P. 147–169.

ASSESSMENT OF ENZYMATIC ACTIVITY OF ROSTOV REGION CHERNOZEMS USED UNDER BINARY CROPS OF SUNFLOWER

T.V. MINNIKOVA, G.V. MOKRIKOV, K.SH. KAZEYEV,
YU.V. AKIMENKO, S.I. KOLESNIKOV

(Southern Federal University)

The authors have studied the enzymatic activity of ordinary chernozem used for growing sunflower in binary cropping patterns in LLC "Donskaya Niva" of the Rostov region during the vegetative season of 2016. The considered farm has been cultivating several thousand hectares of soil using the No-Till technology for the past 7 years. As a result of the conducted research, it has been revealed that there is a beneficial effect on the soil enzymatic activity of binary cropping patterns of sunflower with vetch and sweet clover. It has been proved that the ordinary chernozem has high catalase and invertase activity under all the crops grown. The beneficial effect of binary cropping patterns of sunflower with sweet clover has been established for the activity of dehydrogenases of the ordinary chernozem in the Rostov region by 11–111% as compared with mono-crop patterns of sunflower. Proteolytic activity in cropping patterns of sunflower with sweet clover increased in comparison with the check pattern in 7,6 times. Enzymatic activity of chernozems has shown the clearly marked dynamics during the whole vegetative season. While the activity of oxidoreductases in general decreases with a decrease in humidity during the vegetative period, the activity of proteases increases from June to September, controversially. The stimulation of proteases activity in the transition from wet (June) to the cold (September) period in sunflower crops used in patterns with tributary has been shown as well. It has been established that the combination of sunflower crops with leguminous crops such as vetch and sweet clover, the enzymatic activity of soil is as stable as the check reference sample or is stimulated as compared with the monitored reference sample. The activity of dehydrogenases and proteases has shown larger sensitivity to the crops grown after sunflower. In assessing the biological activity of soils under binary cropping patterns of sunflower with leguminous crops, the most informative indicator, which is also sensitive to the crops grown together with sunflower is the activity of dehydrogenases and proteases.

Key words: *ordinary chernozem, direct sowing, binary crops, No-Till, enzymatic activity, catalase, dehydrogenases, invertase, proteases, soil fertility*

References

1. Avdeyenko A.P., Chernenko V.V., Shestov I.N., Goryachev V.P., Bocharnikov A.I. Sovershenstvovanie tekhnologii vozdeleyvaniya podsolnechnika v zone riskovannogo zemledeliya [Improving the technology of sunflower cultivation in the zone of risky agriculture] // AgroEkoInfo. 2015, No. 5.
2. Akimenko Yu.V., Mokrikov G.V., Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I. Vliyanie tekhnologii pryamogo poseva na mikrobiologicheskie svoystva chernozemov [The influence of direct seeding technology on the microbiological properties of chernozems] / Izd-vo YUFU. Rostov-na-Donu. 2016. 96 p.
3. Bakirov, F.G., Petrova G.V. Effektivnost' tekhnologii No-Till na chernozyomah yuzhnykh Orenburgskogo Predural'ya [Efficiency of No-Till technology

in southern chernozems of the Orenburg Predural'e] // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. No. 1. P. 23–26.

4. *Belousova E.N., Belousova A.A.* Otsenka proteaznoy aktivnosti chernozema vyshchelochennogo pri minimalizatsii obrabotki [Evaluation of the protease activity of chernozem leached with reduced tillage (Min–Till)] // *Problemy sovremennoy agrarnoy nauki*. Krasnoyarsk. 2015. P. 3–5.

5. *Vil'niy R.P., Maklyuk E.I.* Vliyanie obrabotki pochvy na fermentativnuyu aktivnost' chernozema tipichnogo [Effects of tillage on the enzymatic activity of typical chernozem] // *Visnik KhNAU Iruntoznavstvo*. 2014. No. 2. P. 35–41.

6. *Vinogradov D.V., Vertelectskiy I.A.* Rost i razvitie maslichnykh kul'tur pri raznom urovne mineral'nogo pitaniya [Growth and development of oil-bearing crops at different levels of mineral nutrition] // *Mezhdunar. tekhn.–ehkon. zhurn.* – 2011. – No. 4. P. 99–102.

7. *Vlasenko A.N., Vlasenko N.G.* Effektivnost' No–Till tekhnologii na chernozemnykh pochvakh severnoy lesostepi zapadnoy Sibiri [Effectiveness of No–Till technology on chernozem soils of the northern forest–steppe of Western Siberia] // *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu*. Collection of papers. In three volumes. Altaiskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet. 2016. P. 12–14.

8. *Galstyan A.Sh.* Unifikatsiya metodov issledovaniya aktivnosti fermentov pochv [Unification of methods for studying the activity of soil enzymes] // *Pochvovedenie*. 1978. No.2. P. 107–114.

9. *Gridasov, I.I.* Tekhnologicheskie i ehkonomicheskie preimushchestva minimal'noy obrabotki pochvy [Technological and economic advantages of reduced soil cultivation (Min–Till)] // *Zemledelie*. –1997. – No. 1. P. 6–7.

10. *Dadenko E.V., Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I., Myasnikova M.A.* Vliyanie raspashki na biokhimicheskie svoystva chernozemov yuga Rossii [Influence of plowing on the biochemical properties of the chernozems in Southern Russia] // *Monograph / Rostov–na–Donu*, 2015. 116 p.

11. *Dedov A.V., Nesmeyanova M.A., Kuznetsova T.A.* Binarnye posevy s bobovymi travami [Binary crops with leguminous grasses] // *Permskiy agrarniy vestnik* No. 2 (6), 2014. P. 10–18.

12. *Zvyagintsev D.G.* Biologicheskaya aktivnost' pochv i shkaly dlya otsenki nekotorykh ee pokazateley [Biological activity of soils and scales for the evaluation of some of its indicators] // *Pochvovedenie*. No. 6. Pp. 48–54.

13. *Zelenskiy N.A., Zelenskaya G.M., Mokrikov G.M.* Vliyanie pokrovnykh sideral'nykh kul'tur na urozhaynost' podsolnechnika [Influence of integumentary sideral crops on the sunflower yield] // *Resursosberegayushchie tekhnologii v rastenievodstve mezhd. nar. nauch.–prakt. konf. / Nal'chik: KBGAU*, 2014. P. 79–84.

14. *Kazeyev K.Sh., Kozun' Yu.S., Samokhvalova L.S., Kolesnikov S.I.* Vliyanie aridnosti i kontinental'nosti klimata na biologicheskie svoystva pochv v transekte Rostov–na–Donu – Astrakhan' [Influence of aridity and continental climate on the biological properties of soils in the transect Rostov–on–Don – Astrakhan] // *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2015. No. 5. P. 46–53.

15. *Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I.* Biodiagnostika pochv: metodologiya i metody issledovaniy [Biodiagnostics of soils: methodology and methods of research]. / Rostov n/D: Izd-vo YUFU, 2012. 260 p.

16. *Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I., Akimenko Yu.V., Dadenko E.V.* Metody biodiagnostiki nazemnykh ehkosistem [Methods of bio-diagnostics of terrestrial ecosystems]. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo YUFU, 2016. 356 p.

17. *Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F.* Biologiya pochv yuga Rossii [Biology of soils in the south of Russia]. Rostov-na-Donu: Izd-vo CVVR, 2004. 350 p.

18. *Kiryushin, I.V., Danilova, A.A.* Biologicheskaya aktivnost' vyshchelochennogo chernozema Priob'ya v svyazi s intensivatsiyey vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur [Biological activity of leached chernozem of the Ob region in connection with the intensification of grain crop cultivation] // *Agrokhimiya*. –1990. – No. 9. P. 79–86.

19. *Kozun' Yu.S., Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I.* Zavisimost' biologicheskoy aktivnosti zonal'nykh pochv yuga Rossii ot klimata [Dependence of the biological activity of zonal soils on the climate in the south of Russia]. Izd-vo YUFU. 2014 142 p.

20. *Kolesnikov S.I., Kazeyev K.Sh., Val'kov V.F.* Ekologicheskoye sostoyanie i funktsii pochv v usloviyakh khimicheskogo zagryazneniya [Ecological state and functions of soils in conditions of chemical pollution]. Rostov n/D: Izd-vo Rostizdat, 2006. 385 p.

21. *Litsukov S. D., Titovskaya A. I., Akinchin A. V., Segidin A. N.* Mikrobiologicheskaya aktivnost' pochvy pri razlichnykh sistemakh zemledeliya [Microbiological activity of soil under different farming systems] // *Teoreticheskiy i nauchno-prakticheskiy zhurnal "Vestnik" Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, Kursk 2013, No. 8. P. 57–60.

22. *Mel'nichuk T.N., Alekseyenko N.V., Abdurashitov S.F., Yakubovskaya A.I., Tomashova O.L.* Vliyanie sistemy zemledeliya No-Till na biologicheskuyu aktivnost' rizosfery pshenitsy ozimoy [Influence of the No-Till farming system on the biological activity of the winter wheat rhizosphere] // *Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire*. 2016. No. 39. P. 15–21.

23. *Myasnikova M.A., Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I.* Vliyanie vozrasta zalezhey na biologicheskie svoystva postagrogennykh pochv Rostovskoy oblasti [Influence of the age of deposits on biological properties of postagenogenic soils in the Rostov Region]. Monograph. / Rostov-na-Donu, 2015. 130 p.

24. *Pavlyuk N.T., Pavlyuk P.N., Fomin E.V.* Podsolnechnik v Tsentral'no-Chernozyomnoy zone Rossii [Sunflower cultivation in the Central Black-Earth zone of Russia]: Monograph. – Voronezh: FGOU VPO VGPU, 2006. – 226 p.

25. *Pereverzin V.P.* Minimal'naya obrabotka pochvy: plyusy i minusy [Reduced soil cultivation (Min-Till): the pros and cons] // *"Agrarnoye obozrenie"* No. 3 (55). 2016. P. 40–41.

26. *Prudnikova (Myasnikova) M.A., Dadenko E.V., Ermolaeva O.Yu., Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I.* Ispol'zovanie biologicheskikh pokazateley v monitoring postagrogennykh chernozemov [Use of biological indicators in monitoring postagrogenic chernozems] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2013. Vol. 15. No. 3–4. P. 1406–1409.

27. *Sidorov, M.I.* Zemledelie na chernozemah [Agriculture in chernozem conditions] / M.I. Sidorov, N.I. Zezyukov. – Voronezh: Izd-vo VGU, 1992. – 182 p.
28. *Stupakov A.G.* Vliyanie sistem obrabotki pochvy na dykhanie pochvennoy bioty chernozyoma tipichnogo [Influence of soil tillage systems on the respiration of soil biota of typical chernozem] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. No. 7, 2014. P. 56–58.
29. *Khaziev F.Kh.* Sistemno–ekologicheskii analiz fermentativnoy aktivnosti pochv [System–ecological analysis of enzymatic activity of soils]. – M.: Nauka, 1982. – 203 p.
30. *Khaziev F.Kh., Gul'ko A.E.* Fermentativnaya aktivnost' pochv agrotsenozov i perspektivy ee izucheniya [Enzymatic activity of agrocecos soils and prospects of its study] // Pochvovedenie. – 1991. – No. 8. – P. 88–103.
31. *Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I.* Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Oikumena. 2004. 342 p.
32. *Shcherbakova T.A.* Pochvennye fermenty, ikh vydelenie, svoystva i svyazi s komponentami pochvy [Soil enzymes, their isolation, properties and relation to soil components] // Pochvovedenie. 1980. No. 5. P. 85–92.
33. *Chaer G.M., Fernandes M.F.* Comparing the sensitivity of physical, chemical and biological properties to a gradient of induced soil degradation // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 2010. P. 37–40.
34. *Deng S. P., Tabatabai M. A.* Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils // Biology and Fertility of Soils. 1996, Vol. 22, No. 3, pp. 202–207.
35. IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources, 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. 116 p.
36. *Mina, B. L., Saha, S., Kumar, N., Srivastva, A. K., Gupta, H. S.* Changes in Soil Nutrient Content and Enzymatic Activity under Conventional and Zero–Tillage Practices in an Indian Sandy Clay Loam Soil. – Nutr Cycl Agroecosyst. 2008: 82: P.273–281.
37. *Rainbow R., Derpsch R.* Advances in No–Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems // Rainfed Farming Systems. London; New York: Springer, 2011. P. 991–1014.
38. *Utobo E.B., Tewari L.* Soil enzymes as bioindicators of soil ecosystem status // Applied Ecology and Environmental Research 2015. 13(1). P. 147–169.

Минникова Татьяна Владимировна – асп., мл. науч. сотр. кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии, Южный федеральный университет (344006, Россия, Ростов–на–Дону, ул. Б.Садовая 105/42; e-mail: loko261008@yandex.ru).

Мокриков Григорий Васильевич – науч. сотр. кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии, Южный федеральный университет (344006, Россия, Ростов–на–Дону, ул. Б.Садовая 105/42; e-mail: mgv1979@mail.ru).

Казеев Камиль Шагидуллович – д. г. н. проф. кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии, Южный федеральный университет (344006, Россия, Ростов–на–Дону, ул. Б.Садовая 105/42; e-mail: kamil_kazeev@mail.ru).

Акименко Юлия Викторовна – к. б. н. асс. кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии, Южный федеральный университет (344006, Россия, Ростов–на–Дону, ул. Б.Садовая 105/42; e-mail: akimenkojuliya@mail.ru).

Колесников Сергей Ильич – д. с.-х. н., проф., зав. кафедрой экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии, Южный федеральный университет (344006, Россия, Ростов–на–Дону, ул. Б.Садовая 105/42; e-mail: kolesnikov@sfedu.ru).

Tatyana V. Minnikova – postgraduate student, Junior Research Associate, the Department of Ecology and Environmental Management, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, (344006, Russia, Rostov–on–Don, B. Sadovaya Str., 105/42; e-mail: loko261008@yandex.ru).

Grigory V. Mokrikov – Research Associate, the Department of Ecology and Environmental Management, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University (344006, Russia, Rostov–on–Don, B. Sadovaya Str., 105/42; e-mail: mgv1979@mail.ru).

Kamil Sh. Kazeyev – DSc (Geo), Professor, the Department of Ecology and Environmental Management, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, (344006, Russia, Rostov–on–Don, B. Sadovaya Str., 105/42; e-mail: kamil_kazeev@mail.ru).

Yulia V. Akimenko – PhD (Bio), Assistant Professor, the Department of Ecology and Environmental Management, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, (344006, Russia, Rostov–on–Don, B. Sadovaya Str., 105/42; e-mail: akimenkojuliya@mail.ru).

Sergey I. Kolesnikov – DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Ecology and Environmental Management, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, (344006, Russia, Rostov–on–Don, B. Sadovaya Str., 105/42; e-mail: kolesnikov@sfedu.ru).