

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

А. А. Белоусов<sup>1</sup>, Е. Н. Белоусова<sup>1</sup>

*Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия*

**АННОТАЦИЯ.** рассмотрены показатели биологической активности агрочернозема в условиях использования бесплужных способов обработки почвы. Выявлена слабая биогенность исследуемых вариантов. Содержание углерода микробной биомассы является более чувствительным индикатором происходящих изменений. Ферментативная активность характеризуется невысоким уровнем. Наиболее оптимальным воздействием из изученных безотвальных приемов является плоскорезный способ обработки.

**Ключевые слова:** обработка почвы, биологическая активность, ферменты, микробная биомасса.

**Актуальность.** Продолжительное функционирование черноземов Красноярского края в составе пахотных угодий характеризуется достижением равновесного состояния органического вещества со свойственным ему уровнем устойчивости к биологическим потерям и установившейся скоростью круговорота углерода [1]. Вероятно, ключевую роль в этих процессах выполняет биологический фактор. Одним из важнейших пулов органического вещества почвы является биомасса почвенных микроорганизмов. Ее содержание характеризует степень биогенности почвы и является одним из индикаторов биологического качества органического вещества. В неразрывной связи с почвенной биотой и лабильным органическим веществом почвы находится ферментный пул почвы. Ферментативная активность почвы порождается в результате совокупности процессов поступления ферментов из живых организмов и их стабилизации и действия в почве [2]. Применение средств химизации открывает широкие перспективы для замены плуга безотвальными орудиями. Происходящие при этом изменения в интенсивности биологических процессов заслуживают глубокого изучения [3]. В условиях земледельческой зоны Красноярского края исследования биологической активности почвы при освоении бесплужных обработок активизируются [4–6].

**Цель работы** – оценить биогенность агропочв Красноярской лесостепи в условиях освоения бесплужных обработок и спустя 8–9 летний период их использования

**Условия, объекты и методы исследования.** Исследования осуществлялись земель-

ных массивах двух полевых стационарах: СПК «Шилинское» и ООО «ОПХ «Дары Малиновки» Сухобузимского района в Красноярской лесостепи, размещенном в пределах Чулымско-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири (56°10'с.ш. и 91°47'в.д.). Изучение влияния ресурсосберегающих способов обработки почвы на уровень биогенности агропочв в СПК «Шилинское» проводилось в зернопаровом звене севооборота со следующим чередованием культур: чистый пар; яровая пшеница; озимая пшеница. Схема опыта: 1) отвальная обработка; 2) минимальная обработка; 3) нулевая. Объект исследований – чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный сильноосмытый легкоглинистый на красно-бурой глине. Почва опыта характеризовалась: содержанием гумуса – 5,9%, нейтральной реакцией среды ( $pH_{H_2O}$  6,8). Сумма поглощенных оснований от 60 до 62 мг-экв/100 г почвы. В производственных посевах трижды за вегетационный сезон отбирались почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см методом змейки. Объем выборки – 15 индивидуальных проб.

На производственном опыте ООО «ОПХ «Дары Малиновки» наблюдения проводились в звене севооборота: чистый пар; яровая пшеница; ячмень. Объект исследований – чернозем обыкновенный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на красно-бурой глине. Почва опыта в пахотном слое содержала 6,5% органического углерода,  $pH$  водной суспензии близок к нейтральному ( $pH_{H_2O}$  = 6,7), подвижного фосфора (295–320 мг/кг) и обменного калия по Чирикову (127–138 мг/кг).

В границах производственных посевов заложены участки общей площадью 1200 м<sup>2</sup> и учетной – 600 м<sup>2</sup>. В пределах каждого участка выделяли три повторности, площадью 200 м<sup>2</sup>. Выбор элементов методики полевого опыта обусловлен влиянием внутривидовой неоднородности почвенного плодородия опытного стационара [7]. Почвенные пробы отбирали в сроки, приуроченные к фазам развития сельскохозяйственных культур, из слоев 0–10 и 10–20 см методом змейки. Схема опыта состояла из следующих вариантов опыта: (способы обработки): 1. Нулевая; 2. Минимальная; 3. Отвальная (st).

Химические и физико-химические показатели получены по методикам, изложенным в [8]. В подготовленных образцах определяли органический углерод по Тюрину ( $C_{орг}$ ), подвижный фосфор и обменный калий по Чирикову, содержание трудно- ( $N_{тг}$ ) и легкогидролизуемого ( $N_{лг}$ ) азота по Корнфилду [9].

Углерод микробной биомассы устанавливали путем пересчета скорости субстратиндуцированного (СИД) дыхания. Каталазную, инвертазную и уреазную активность почвы определяли по [10], протеазную активность методом Гоффмана и Тейхера в мг аминного азота на 1 г почвы за 20 ч. Статистический анализ данных проводился с использованием пакета программ MS Excel.

### **Обсуждение результатов.**

**Микробная биомасса.** Выявлено, что достоверный прирост оборачиваемости  $C_{мб}$  выявлен при плоскорезном рыхлении. Изменение углерода микробной биомассы после внедрения исследуемых вариантов в слое 0–10 см на 60% связано с сменой условий среды и только 1% флуктуаций определялся способом обработки. При совместном влиянии обработки почвы и смены гидротермических условий доля их влияния достигала 57%. Применение плоскорезной обработки почвы в рассматриваемых агроэкологических условиях способствовало повышению урожайности яровой пшеницы и сохранению устойчивости почвенной системы, рассчитанной по величине метаболического коэффициента. Сравнимые слои почвы по содержанию микробного углерода отличались достоверно только в условиях отвальной вспашки, а безотвальное рыхление не вызывало существенных различий в период после вне-

дрения исследуемых вариантов обработки.

Использование безотвальных технологий в течение 8–9 лет показало, что содержание углерода микробной биомассы определялось способом обработки почвы (7–25%), однако направленность этого воздействия связана со сменой других факторов (7–55%). Антропогенная деятельность и, в частности, ежегодная и постоянная отвальная обработка почвы приводила к существенному увеличению изменений биомассы микроорганизмов в пространстве во времени. Использование минимальных обработок существенно не снижало запасы углерода микробной биомассы, за исключением первой половины вегетационного сезона.

**Каталазная активность.** В течение первых двух лет освоения безотвальных рыхлений наблюдали за динамикой каталазной активности. Установлено, что обработка почвы оказывала существенное влияние на уровень окислительных процессов вследствие активизации каталазы. Исследования подтвердили закономерность о существенной роли корней злаковых культур в каталитическом функционале почвы. Уровень активности фермента оценивался как средний и не зависел от способа основной обработки почв. По окончании периода активной вегетации, когда корневая система зерновых культур прекращала активное функционирование, в почве обработанной бесплужным способом, уровень разрушения перекиси водорода оставался существенно выше, относительно вспаханной почвы.

Наблюдения, осуществленные на стационаре СПК «Шилинское» после 8–9 летнего воздействия способов обработки, выявили разнонаправленное их влияние на каталазную активность. В среднем за два года минимальный уровень обнаруживался в почве, не подвергающейся механической обработке. Пространственное варьирование каталазной активности характеризовалось средним уровнем, а ее внутрисезонная динамика была наиболее существенной при минимизации обработки. В целом активность каталазы в исследуемой почве характеризовалась как средняя (2,0–5,7  $O_2$ , см<sup>3</sup>/г/мин). Из числа изученных факторов, на уровень каталазной активности оказывали влияние внутрисезонные колебания агроэкологических условий и характер их

взаимодействия со свойствами, формирующимися при обработке почвы.

*Инвертазная активность.* Активность инвертазы является свидетелем интенсивности разложения углеводов в почве, а также диагностирует и начало изменений многих свойств почв. Информация об активности данного фермента может быть использована для мониторинга трансформации легкоминерализуемого органического вещества при смене технологий обработки почвы.

В течение первых лет наблюдений регистрировалось повышение инвертазной активности в почве всех вариантов. Примечательно, что максимумы выявлялись к окончанию вегетационных сезонов. Однако, в целом, активность инвертазы характеризовалась средними значениями. В наших исследованиях наиболее низкие показатели инвертазной активности обнаруживались на вариантах с отвальной обработкой в начале вегетационного сезона третьего года освоения. В этот период агрометеорологические условия благоприятствовали формированию продукционного процесса культур и содействовали повышению микробиологической активности исследуемой почвы. Результаты, полученные в опыте с 8–9 летним влиянием безотвальных рыхлений, показали, что интенсивность гидролиза углеводов в почве характеризовалась, как достаточно слабая вне зависимости от способа обработки. Следовательно, при использовании таких технологий обработки в условиях лесостепной зоны Красноярского края, необходимы мероприятия направленные на повышение интенсивности разложения растительных остатков в почве.

*Протеазная активность.* Протеолиз служит пусковым механизмом, включающим все последующие этапы преобразования белков, способствующее круговороту иммобилизованного азота. Обработка почвы коренным изменяет ход и направление почвенно-биологических процессов, что не может не отразиться на интенсивности и направленности гидролиза азотистых соединений в почве. Уровень протеазной активности почвы исследуемых вариантов на этапе внедрения минимальных технологий оценивался как «высокий». Однако, наибольшей величиной протеолиза характеризовалась почва, подвергающаяся ежегодной отвальной

вспашке. Длительный период воздействия бесплужных обработок выявил достоверное повышение протеазной активности в пахотном слое почвы в условиях отвальной вспашки в сравнении с минимальной обработкой. Тогда как в прохладный период начала вегетационного сезона значимый максимум обнаруживался в надсеменном слое почвы при поверхностном ее рыхлении. В течение следующего сезона активность гидролитических процессов снижалась по мере минимизации основной обработки почвы. Наибольшей величиной протеолиза также характеризовалась почва, подвергающаяся ежегодной отвальной вспашке. В свою очередь, прекращение механической обработки сопровождалось всплеском активности протеазы во второй половине вегетации в верхней части пахотного слоя. Изменения активности протеолиза в почве изучаемых вариантов опыта указывало на большую чувствительность показателя к изменению способа основной обработки, как инструмента, модифицирующего качество субстрата. Зависимость трансформации легкогидролизующихся соединений азота от активности протеазы неоднозначна. В условиях применения минимальной технологии формирование легкогидролизующихся соединений азота находилось в сильной обратной корреляционной зависимости от активности протеолиза.

*Уреазная активность.* Аммоний, образовавшийся в результате уреазной реакции, служит источником питания растений и почвенных микроорганизмов. На рассматриваемых фонах обработки агрочерноземов уровень уреазной активности соответствовал очень высокой напряженности биохимических процессов согласно шкале [11] с последующим ее снижением в сентябре до очень бедной. Плоскорезный способ рыхления обусловил повышение уровня активности уреазы, относительно отвальной вспашки и поверхностного дискования. Максимумы активности приходились на первую половину вегетационных сезонов. Наблюдения за активностью уреазы в опыте с 8–9 летним изучением безотвальных технологий подтвердили выявленные закономерности.

# THE INFLUENCE OF PROCESSING METHODS ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF AGROCHERNOZEMS OF THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

*E. N. Belousova, A. A. Belousov*

*Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia*

**ABSTRACT.** The indicators of the biological activity of agrochernozem in the conditions of the use of rainless methods of tillage are considered. Weak biogenicity of the studied soils was revealed. The carbon content of microbial biomass is a more sensitive indicator of ongoing changes. The enzymatic activity is characterized by a low level. The most optimal effect of the studied non-shaft techniques is a flat-cut processing method.

**Keywords:** *tillage, biological activity, enzymes, microbial biomass*

## Литература

- <sup>1</sup> Чупрова В. В. Запасы, состав и трансформация органического вещества в агропочвах Средней Сибири / В. В. Чупрова // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2017. Вып. 90. С. 96–115.
- <sup>2</sup> 2.Хазиев Ф. Х. Экологические связи ферментативной активности почв // Экобиотех, Том 1. 2018. № 2. С. 80–92.
- <sup>3</sup> Власенко А. Н., Шарков И. Н., Синещев В. Е., Прозоров А. С. Минимизация обработки почвы и минерализация соединений азота // Почвоведение. 2001. № 9. С. 1111–1117.
- <sup>4</sup> Белоусова Е. Н., Белоусов А. А. Влияние почвозащитных технологий на содержание подвижного органического вещества и ферментативную активность почвы // Агрохимия. 2022. № 5. С. 30–37.
- <sup>5</sup> Белоусов А. А., Белоусова Е. Н., Бугаева А. В. Динамика углерода микробной биомассы и степень устойчивости чернозема обыкновенного в условиях перехода на минимизацию обработки // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5 (158). С. 31–39.
- <sup>6</sup> Белоусов А. А. Реакция азота и углерода микробной биомассы чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5 (128). С. 156–163.
- <sup>7</sup> Белоусов А. А., Белоусова Е. Н. Влияние внутрипольной неоднородности почвенного плодородия на выбор элементов методики полевого опыта // Вестник КрасГАУ. 2013. № 6. С. 55–62.
- <sup>8</sup> Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
- <sup>9</sup> Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
- <sup>10</sup> Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
- <sup>11</sup> Звягинцев, Д. Г. Биологическая активность почвы и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.