

## Ферментативная активность чернозёмов при разных технологических системах обработки почвы и посева в степном Заволжье

*О.И. Горянин, д.с.-х.н., ФГБНУ Самарский НИИСХ*

Среди различных биологических критериев оценки экологического состояния почв, по мнению многих учёных, наиболее чувствительным показателем при оценке биологической активности почв является активность почвенных ферментов [1, 2]. Ферментативная активность почвы может существенно изменяться в зависимости от вида возделываемой культуры, способа обработки почвы и степени её удобренности [3, 4].

Выявлено, что наибольшее влияние на ферментативную активность оказывает тип почв. Длительное применение вспашки из-за меньшей биогенности почвы и снижения количества поступающих растительных остатков угнетающе действует на все виды изучаемых ферментов [3].

По мнению В.Д. Мухи, возделывание сельскохозяйственных культур существенно усиливает фосфатазную активность почв. Дальнейшее окультуривание дерново-среднеподзолистой, светлосерой лесной, тёмно-каштановой, красно-жёлтой почвы и чернозёма типичного способствует повышению активности практически всех исследуемых ферментов за исключением (фосфатазы), при этом особенно резко активизируется уреазы [5].

В.В. Пронько и Г.К. Соловова установили, что каталазная активность почвы тесно связана с содержанием гумуса и отражает уровень плодородия различных типов почв [6]. На обыкновенных чернозёмах лесостепной зоны Среднего Поволжья минимализация основной обработки почвы приводит к снижению уровня активности фермента каталазы [1].

На обыкновенных чернозёмах степного Заволжья проблема длительного влияния различных систем обработки почвы на комплекс почвенных ферментов ранее не изучалась. В связи с этим была определена **цель исследования** — установить влияние длительного применения различных способов основной обработки и технологических систем обработки почвы и посева ярового ячменя на ферментативную активность чернозёма обыкновенного в засушливых условиях степного Заволжья.

**Материал и методы исследования.** В период с 1975 по 1998 г. в семипольном зернопаропропашном севообороте (чистый пар — озимая пшеница — просо — ячмень — кукуруза на з/м — яровая пшеница — овёс) изучались пять способов основной обработки почвы:

1. Вспашка на глубину 20–22 см, под все культуры (контроль);
2. Лемешное лущение на 12–14 см, под все культуры;

3. Плоскорезная обработка на 20–22 см, под все культуры;

4. Плоскорезная обработка на 10–12 см, под все культуры;

5. До 1982 г. — без осенней обработки почвы, с 1983 г. — комбинированная: плоскорезная на 10–12 см — под пар, на 20–22 см под ячмень и овёс, под кукурузу — вспашка, под просо и яровую пшеницу — лущение.

В дальнейшем исследование проводили в семипольном севообороте с чередованием культур: чистый пар — озимая пшеница — просо — яровая пшеница — кукуруза (с 2006 г. горох + овёс) — яровая пшеница — ячмень.

Изучали пять технологических систем обработки почвы и посева [7]:

1. Контроль — традиционная система обработки и посева под все культуры севооборота (вспашка — ПН-4-35, весеннее боронование — БЗСС-1,0, предпосевная культивация — КПС-4, посев — СЗ-3,6, прикатывание — ЗККШ-6);

2. Дифференцированная 1 — мелкая мульчирующая обработка почвы под зерновые (ОПО-4,25), глубокое рыхление в чистом пару и под кукурузу (ПЧ-4,5), посев универсальным агрегатом отечественного производства АУП-18.05;

3. Дифференцированная 2 — прямой посев зерновых культур АУП-18.05, глубокое рыхление под пятую культуру севооборота ПЧ-4,5 (обработка общеистребительными гербицидами парового поля);

4. Мелкая мульчирующая обработка почвы под все культуры севооборота (ОПО-4,25), посев универсальным агрегатом АУП-18.05;

5. Дифференцированная 3 — обработка дисковыми орудиями под зерновые культуры и в пару (Кюне-770), глубокое рыхление под пятую культуру севооборота (ПЧ-4,5) посев универсальным агрегатом АУП-18.05 (обработка общеистребительными гербицидами парового поля).

Длительное влияние различных способов основной обработки почвы и технологических систем на активность ферментов: каталазы (2005–2012 гг.), уреазы и фосфатазы (2007–2012 гг.) изучали в заключительном поле севооборота.

Почва опытного участка — чернозём террасовый обыкновенный, малогумусный, среднемощный, среднесуглинистый.

В качестве приёмов воспроизводства почвенного плодородия (2000–2012 гг.) использовали измельчённую солому и пожнивно-корневые остатки (ПКО) убираемых культур. При возделывании полевых культур применяли интегрированные приёмы борьбы с сорняками. Для посева использовали

адаптированные к местным погодным условиям сорта. Уборку проводили с измельчением соломы.

Наблюдения за ферментативной активностью почв проводили в два срока: во время посева ярового ячменя и после его уборки.

Активность каталазы определяли по методу А.Ш. Галстяна, она рассчитывалась в мг O<sub>2</sub> на 1 г абсолютно сухой почвы за 2 мин. [8], активность фосфатазы и уреазы измеряли соответственно в мг фенолфталеина на 1 г абсолютно сухой почвы за 1 час и мг N-NH<sub>3</sub> на 1 г почвы за 1 час, используя методы анализа загрязнителей окружающей среды [9, 10].

Дисперсионный и корреляционный анализ экспериментов проводили на ЭВМ (программа AGROS ver. 2.09. Пакет программ статистического анализа в растениеводстве и селекции. 1993–2000 гг.).

При проведении исследования благоприятным для роста и развития всех полевых культур был 2007 г. В 2005 г. наблюдалась весенняя, 2008, 2009 – весенне-летняя засуха средней интенсивности, а в 2010 г. – самая продолжительная, очень сильная весенне-осенняя засуха за последние 100 лет (ГТК за май – август = 0,15). В остальные годы (2006, 20011, 2012) температурный режим был на уровне среднеголетних климатических значений (ГТК за май – август = 0,68–0,81).

**Результаты исследования.** Длительное применение (более 30 лет) дифференцированной обработки в севообороте (сочетание средней, глубокой безотвальной обработки с прямым посевом – III вариант), обеспечивая лучший водный и питательный режимы почвы, при большем содержании в верхнем слое соломы и ПКО в весенний период, способствовало более активному выделению O<sub>2</sub> – 6,4 мл, что на 0,5 мл (8,5%) превышало показатель на варианте с постоянной мелкой обработкой почвы в севообороте. Самое медленное разложение перекиси водорода в среднем за годы исследования установлено на вариантах с вспашкой и дифференцированной обработкой I – 3,9–4,7 мл O<sub>2</sub> на 1 г почвы (табл. 1).

К уборке культуры на всех изучаемых вариантах произошло усиление активности каталазы при сохранившейся тенденции увеличения выделения O<sub>2</sub> на варианте с прямым посевом. На остальных изучаемых способах основной обработки почвы и системах разница в активности фермента в данный период не выявлена.

В среднем за вегетацию установлено и увеличение активности каталазы при технологической системе с дифференцированной обработкой 2–8,4 мг O<sub>2</sub> на г почвы. Варианты с постоянной мелкой и дифференцированной обработкой 3 замедляли выделение O<sub>2</sub> на 18,3–20,0%. В контроле и на варианте с дифференцированной обработкой I скорость реакции была наименьшей – 6,1–6,6 мл O<sub>2</sub>, что было на 27,3–37,7% меньше, чем в системе с прямым посевом яровых зерновых. При послойном анализе в пахотном слое установлено равномерное распределение фермента независимо от изучаемых способов обработки и систем.

При корреляционном анализе за годы исследования на всех вариантах была выявлена слабая корреляционная связь фермента каталазы в весенний период с урожайностью ярового ячменя. На варианте с традиционной технологией отмечалась тесная обратная корреляционная связь с содержанием гумуса  $r = -0,85$  и обменным калием  $r = -0,91$ . При современных технологических системах (IV, V варианты) тесная прямая связь установлена с содержанием обменного калия ( $r = 0,75$  и  $0,82$ ).

Улучшение водного режима почвы при большем количестве измельченной соломы и ПКО на поверхности почвы способствовало усилению активности уреазы на современных технологических системах до 0,014–0,015 мг. При традиционной технологии этот показатель снижался на 0,003–0,004 мг, или 27,3–36,4% (табл. 2).

К уборке урожая разница между вариантами в активности фермента уреазы выравнивалась, при этом наибольшее выделение аммиака за счёт больших остаточных запасов продуктивной влаги происходило на варианте с прямым посевом – 0,016 мг, что было на 0,001–0,003 мг (6,7–23,1%) выше остальных систем. В среднем за вегетацию наибольшую активность фермента отмечали на варианте с прямым посевом зерновых.

В период посева ярового ячменя и в среднем за вегетацию выявили увеличение скорости дефосфорирования почвой органических соединений на вариантах с современными технологическими системами по сравнению с традиционной технологией – на 37,5–50,0 и 22,2–33,3% соответственно.

В течение вегетации распределение ферментов уреазы и фосфатазы независимо от технологий в пахотном слое почвы было равномерным.

1. Активность каталазы в пахотном слое почвы под посевами ярового ячменя (2005–2010 гг.), мг O<sub>2</sub> на 1 г почвы

Срок	Технологическая система (вариант)					НСР <sub>05</sub> , среднее
	I	II	III	IV	V	
Весна	4,7	3,9	6,4	5,9	5,2	0,74
Осень	8,4	8,2	10,4	8,3	8,8	0,95
Среднее за вегетацию	6,6	6,1	8,4	7,1	7,0	0,85

2. Ферментативная активность в пахотном слое почвы под посевами ярового ячменя (2007–2010 гг.)

Срок	Технологическая система (вариант)					НСР <sub>05</sub> , среднее
	I	II	III	IV	V	
Уреаза, мг N-NH <sub>3</sub> на 1 г почвы						
Весна	0,011	0,014	0,015	0,015	0,014	0,0021
Осень	0,013	0,015	0,016	0,013	0,014	0,0018
Среднее за вегетацию	0,012	0,015	0,016	0,014	0,014	0,0020
Фосфатаза, мг фенолфталеина на 1 г почвы						
Весна	0,08	0,11	0,12	0,11	0,11	0,020
Осень	0,09	0,12	0,10	0,10	0,13	0,018
Среднее за вегетацию	0,09	0,12	0,11	0,11	0,12	0,019

3. Ферментативная активность почвы после уборки ярового ячменя

Слой почвы, см	Технологическая система (вариант)					НСР <sub>05</sub> , среднее
	I	II	III	IV	V	
Каталаза, мг O <sub>2</sub> на 1 г почвы (2005–2012 гг.)						
0–30	7,40	7,60	9,50	7,60	8,40	1,32
30–60	6,70	7,00	9,00	6,70	7,20	1,81
0–60	7,05	7,30	9,25	7,15	7,80	1,57
Уреаза, мг N-NH <sub>3</sub> на 1 г почвы (2007–2012 гг.)						
0–30	0,014	0,014	0,015	0,014	0,014	0,0043
30–60	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010	0,0021
0–60	0,012	0,012	0,013	0,012	0,012	0,0032
Фосфатаза, мг фенолфталеина на 1 г почвы (2007–2012 гг.)						
0–30	0,11	0,13	0,12	0,13	0,13	0,022
30–60	0,07	0,07	0,08	0,08	0,10	0,015
0–60	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,019

За годы исследования были выявлены тесные прямые корреляционные связи между ферментом уреазы в весенний период и урожайностью ярового ячменя (от  $r = 0,89$  в контроле до  $r = 1,00^{**}$  на варианте с постоянной мелкой обработкой). Влияние фермента на содержание гумуса колебалось от среднего  $r = 0,52; 0,53$  в контроле и на варианте с дифференцированной обработкой I – до сильного на остальных вариантах, при  $r = 0,70–0,98^{**}$ .

При высоком и очень высоком содержании подвижных фосфатов в нашем исследовании установлена тесная обратная связь, за исключением варианта с дифференцированной обработкой I, активности фосфатазы с урожайностью ярового ячменя  $r = -0,83–0,95$ .

Послойный анализ ферментативной активности в зависимости от длительного применения способов основной обработки почвы и технологических систем в осенний период выявил наибольшую активность каталазы в пахотном и подпахотных слоях на варианте с прямым посевом яровых зерновых (табл. 3).

Применение остальных обработок и систем математически доказуемо снижало активность фермента каталазы во всех изучаемых слоях.

При проведении корреляционного анализа наибольшая прямая взаимосвязь активности каталазы с абиотическими факторами (количество осадков, температура и влажность воздуха, ГТК) выявлена с относительной влажностью воздуха в после-

уборочный период, при значениях коэффициента корреляции от 0,68 (традиционная технология) до 0,74–0,93\*\* (современные системы).

В осенний период в исследованиях не установлено существенного изменения активности фермента уреазы в зависимости от изучаемых вариантов. При этом активность фермента в наибольшей степени зависела от относительной влажности воздуха за вегетационный период ( $r = 0,75–0,92^*$ ).

Длительное применение дифференцированных и мелкой обработок увеличивало фосфатазную активность в пахотном слое почвы по сравнению с контролем. При этом из абиотических факторов на активность фермента значимое влияние оказывала температура воздуха за вегетационный период ( $r = 0,66–0,88^*$ ).

**Выводы.** Длительное применение минимализации основной обработки и современных технологических систем обработки почвы и посева на обыкновенных чернозёмах степного Заволжья по сравнению с традиционной технологией не ухудшает ферментативную активность почвы.

По степени взаимосвязи с урожайностью ярового ячменя ферменты на данных почвах могут быть расположены (варианты I–IV) в следующем порядке: уреазы > фосфатаза > каталаза. На варианте с дифференцированной обработкой 3 тесная корреляционная связь выявлена только с фосфатазой.

Наибольшая зависимость с содержанием гумуса при традиционной технологии выявлена с ката-

зой. При современных технологических системах наиболее тесно с гумусом коррелировал фермент фосфатаза.

### Литература

1. Нечаева Е.Х., Марковская Г.К., Мельникова Н.А. Параметры оценки биологической активности почвы // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 92.
2. Тихонович И.А., Круглов Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Почвоведение. 2006. № 5 (32). С. 9–12.
3. Корягин Ю.В., Иванов А.И., Надёжкин С.М. и др. Почвенная биология: учебн. пособие. Пенза: РИО ПГСХА, 2001. 280 с.
4. Пронько В.В., Нарушева Е.А., Юрченко Е.С. Урожайность гречихи и биологическая активность чернозёма выщелоченного Среднего Поволжья при применении минеральных удобрений и препаратов ассоциаторных диадотроидов // Агрохимия. 2009. № 12. С. 18–26.
5. Муха В.Д. Важнейшие особенности современного почвообразования // Агроэкологическая оптимизация земледелия: сб. докл. междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 75-летию Россельхозакадемии и 100-летию со дня рождения С.С. Соболева; Курск, 14–16 сентября 2004 г. Курск, 2004. С. 402–405.
6. Пронько В.В., Соловова Г.К. Биологическая активность чернозёмных и каштановых почв Поволжья // Современные проблемы земледелия и экологии: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф., 10–12 сентября 2002 г., / ВНИИЗиЗПЭ. Курск, 2002. С. 376–378.
7. Горянин О.И., Щербинина Е.В., Медведев И.Ф. Влияние технологических систем на агрофизические свойства почвы в степи Заволжья // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 3–9.
8. Минеев В.Г., Станков Н.З., Ремпе Е.Х. и др. Активность каталазы // Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. М., 1975. С. 148–152.
9. Определение активности уреазы // Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам загрязнителей окружающей среды: (основные положения). Ч. 2. М.: Недра, 1999. С. 581–585.
10. Определение активности фосфатазы // Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам загрязнителей окружающей среды: (основные положения). Ч. 2. М.: Недра, 1999. С. 578–581.