

2. Кулик К.Н., Петров В.И., Юферов В.Г. Защитное лесоразведение и экологическая устойчивость агроландшафтов. — Волгоград: ВНИАЛМИ, 2000.
3. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. — М.: Росинформагротех, 2010.
4. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А. и др. Агрохимический анализ почв, растений и удобрений. — М.: Росинформагротех, 2017.

ВОДОРАСТВОРИМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ

Гарайшина Арина Вадимовна, студентка 4 курса кафедры химии почв факультета почвоведения ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, podlesnova.garaishina@gmail.com

(Научный руководитель – Розанова Марина Сергеевна, к.б.н., ст.преп. ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, rozanova_ms@mail.ru)

Аннотация: в работе исследовано содержание водорастворимого органического вещества и ферментативная активность черноземов юга лесостепной и севера степной зон. Показана значимость водорастворимого органического вещества как индикатора биологической активности в исследованных почвах.

Ключевые слова: почвенное органическое вещество, водорастворимое органическое вещество, ферментативная активность.

Введение. Определение водорастворимых органических веществ (ВОВ) почвы важно для характеристики запаса доступного углерода, так как они могут не только легко перемещаться, но и минерализоваться. К наиболее неустойчивым фракциям органического вещества относятся соединения, экстрагируемые холодной и горячей водой [Горбов и др., 2022].

В осуществлении функций катализаторов биохимических процессов и функций трансформаторов веществ, находящихся в биогеоценозе или поступающих в него, участвуют ферменты [Хазиев, 2015]. Благодаря ферментативной активности в почве поддерживается определенный биогеохимический гомеостаз, обеспечивается непрерывность процессов метаболизма в почве в условиях, неблагоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов.

Цель исследования – дать количественную оценку содержания ВОВ и ферментативной активности черноземов юга лесостепной и севера степной зон.

Объекты исследования. В летний период 2024 года были отобраны почвенные образцы черноземов юга лесостепной и севера степной зон (Таблица 1).

Таблица 1

Объекты исследования

Место отбора	Тип растительности	Название почвы (по «Классификация почв России», 2004)
Полибино, Липецкая обл.	Лугово-степная	Агрозем глинисто-иллювиальный агропереуплотненный
Полибино, Липецкая обл.	Лугово-степная	Чернозем глинисто-иллювиальный типичный
Таловая, Воронежская обл.	Древесная	Чернозем глинисто-иллювиальный типичный
Хреновое, Воронежская обл.	Луговая	Чернозем гидрометаморфизованный

Методы исследования. *Определение pH почвенной суспензии* было проведено при соотношении почва: вода 1:5 на pH-метре HANNA Instruments 8314 с комбинированным электродом HI 1230. *Содержание органического углерода* было определено методом Тюрина в модификации Никитина с титриметрическим окончанием. *Водорастворимое ОВ* было определено в последовательных вытяжках:

1. Метод холодной экстракции (30 мин при 20°C) – 1-я вытяжка;
2. Метод горячей экстракции (16 ч при 80°C) – 2-я вытяжка.

Ферментативная активность почв была оценена:

1. Активность каталазы в почве – газометрически в стерильной и исходной почве.
2. Инвертаза (β -фруктофуранозидаза) – с учётом восстанавливающих сахаров по Бертрану.
3. Дегидрогеназа – по количеству образовавшегося формазана, окрашенный раствор которого колориметрируют при длине волны 540 нм. Количество формазана в мг. рассчитывали по градуировочной кривой.

Содержание карбонатов было определено гравиметрически.

Результаты исследования. Значения pH исследованных почв находятся в интервале значений от 6,10 до 7,65 (Таблица 2). В исследованных почвах увеличение значений pH вниз по профилю почвы связано с увеличением содержания карбонатов. Значение pH агрозема (Липецкая область) верхней части гумусового горизонта составляет 6,28, что, по сравнению с верхней частью гумусового горизонта чернозема глинисто-иллювиального типичного (Липецкая область), который имеет значение pH 6,61, ниже, вследствие изменения физико-химических и химических свойств в сторону их ухудшения из-за воздействия агротехники и внесения удобрений.

Результаты определения ВОВ в водных вытяжках при разной температуре в исследованных черноземах показали содержание ВОВ в интервале от 0,04 до 0,13% (Таблица 2). Практически во всех исследованных черноземах наблюдалась общая закономерность: снижение количества ВОВ с глубиной, что связано с уменьшением $C_{орг}$ и свидетельствует о том, что ВОВ является

трансформируемой частью почвенного органического вещества и растительных остатков [Семенов, Когут, 2018] за исключением чернозема глинисто-иллювиального типичного (Воронежская область), где значения ВОВ в горизонтах совпадают (Таблица 2). Доля ВОВ в $C_{орг}$ почве составляет 2,19-4,44% и оценивается как «высокое» и «очень высокое» [Орлов и др., 2004]. Наибольшая доля ВОВ от $C_{орг}$ в горизонте AUB характерна для чернозема гидрометамфоризованного, обусловленная периодическим переувлажнением и накоплением в нижней части гумусового горизонта ВОВ за счет вымывания из верхней части этого же горизонта. Высоким содержанием ВОВ отличается и чернозем глинисто-иллювиальный типичный (Воронежская область), отобранного в лесополосе под древесной растительностью. По данным ряда авторов [Холодов и др. 2020, Горбов и др. 2022], состав растительности влияет на содержание ВОВ.

Таблица 2

Содержание $C_{орг.}$, $C_{вов.}/C_{орг.}$, карбонатов и pH исследованных почв

Почвы	Горизонт	pH	$C_{орг.}$, %	$C_{вов.}/C_{орг.}$, %	CO ₂ карбонатов, %
Агрозем (Липецкая область)	P	$6,28 \pm 0,09$	$3,55 \pm 0,08$	2,54	$2,57 \pm 0,21$
	AU	$6,44 \pm 0,04$	$2,04 \pm 0,22$	2,94	$2,90 \pm 1,03$
Чернозем глинисто-иллювиальный типичный (Липецкая область)	AU ₁	$6,61 \pm 0,08$	$3,07 \pm 0,09$	2,28	$1,41 \pm 1,33$
	AU ₂	$6,74 \pm 0,03$	$2,47 \pm 0,29$	2,43	$1,98 \pm 0,39$
Чернозем глинисто-иллювиальный типичный (Воронежская область)	AU	$6,10 \pm 0,03$	$5,94 \pm 0,08$	2,19	$1,95 \pm 0,21$
	AUB	$6,95 \pm 0,03$	$4,12 \pm 0,09$	3,16	$2,89 \pm 0,21$
Чернозем гидрометаморфизованный (Воронежская область)	AU	$6,79 \pm 0,13$	$3,97 \pm 0,16$	2,77	$1,34 \pm 0,25$
	AUB	$7,65 \pm 0,13$	$0,90 \pm 0,02$	4,44	$2,40 \pm 0,41$

Была обнаружена линейная зависимость, коэффициент детерминации (R^2) равен 0,86, между содержаниями ВОВ и $C_{орг}$ (Рисунок 1). Статистическая значимость уравнения регрессии подтверждена с помощью критерия Фишера при уровне значимости 0,05 ($F = 36,53$, $F_{табл} = 5,9874$).

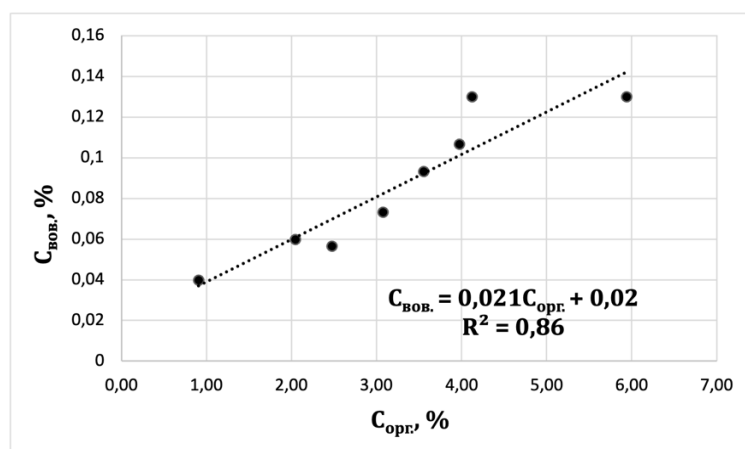


Рисунок 1 - Зависимость содержания водорастворимого органического вещества от общего содержания углерода органических соединений

Полученные результаты исследования ферментативной активности черноземов (Таблица 3) оценивали по шкале Д.Г. Звягинцева.

Таблица 3

Ферментативная активность исследованных почв по шкале Д.Г. Звягинцева

Почвы	Горизонт	Каталаза	Инвертаза	Дегидрогеназа
Агрозем (Липецкая обл.)	P	Средняя	Очень богатая	Средняя
	AU	Очень бедная	Очень богатая	Средняя
Чернозем глинисто-иллювиальный типичный (Липецкая обл.)	AU ₁	Средняя	Очень богатая	Средняя
	AU ₂	Бедная	Очень богатая	Средняя
Чернозем глинисто-иллювиальный типичный (Воронежская обл.)	AU	Средняя	Очень богатая	Средняя
	AUB	Бедная	Очень богатая	Средняя
Чернозем гидрометаморфизован- ный (Воронежская обл.)	AU	Средняя	Очень бедная	Средняя
	AUB	Бедная	Очень бедная	Средняя

Во всех исследованных черноземах наблюдается общая закономерность: вниз по профилю происходит снижение суммарной каталазной активности. Все верхние части гумусовых горизонтов характеризуются «средней» степенью каталазной активности по шкале Д.Г. Звягинцева (Таблица 3) предположительно из-за хорошей оструктуренности (наличия водопрочных агрегатов). Все нижние части гумусовых горизонтов исследованных черноземов характеризуются «бедной» и «очень бедной» степенью каталазной активности (Таблица 3), что может быть сопряжено с уменьшением количества ВОВ и, предположительно, с уменьшением численности аэробных микроорганизмов

вниз по профилю в связи с уменьшением содержания доступного кислорода и с изменением структуры почвы.

Полученные величины инвертазной активности оценивали по шкале Д.Г. Звягинцева (Таблица 3). Сравнительно высокая активность инвертазы обнаруживается почти во всех горизонтах исследованных черноземов, за исключением чернозема гидрометаморфизованного. Причиной ее высокой активности может быть высокое содержание подвижных углеводов в почве и, скорее всего, обилие корней растений.

Дегидрогеназная активность во всех исследованных почвах средняя. Между содержанием ВОВ и дегидрогеназной активностью исследованных почв была обнаружена линейная зависимость, коэффициент детерминации (R^2) равен 0,78, (Рисунок 2), что закономерно. Статистическая значимость уравнения регрессии подтверждена с помощью критерия Фишера при уровне значимости 0,05 ($F = 88,8$, $F_{\text{табл}} = 4,84$).

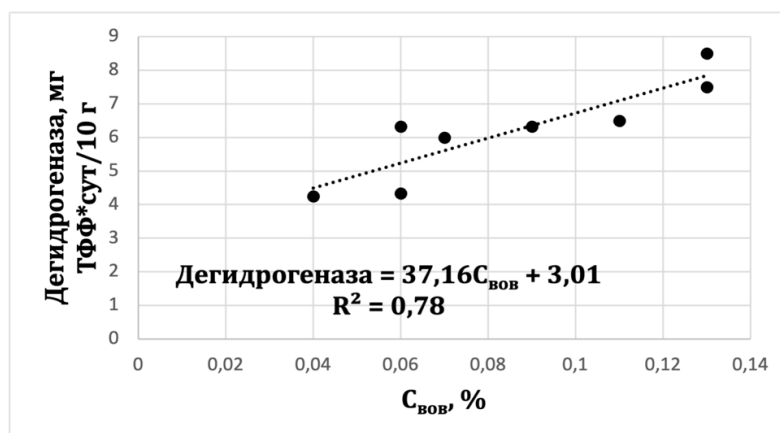


Рисунок 2 -Зависимость дегидрогеназной активности от содержания водорастворимого органического вещества

Заключение:

1. Количество ВОВ в исследованных черноземах убывает с глубиной и коррелирует с содержанием общего органического углерода. Относительная доля ВОВ в составе $C_{\text{орг}}$ классифицируется как «высокая» и «очень высокая» и составляет 2,19-4,44%.
2. Величины каталазной и инвертазной активности убывают с глубиной, отражая снижение количества как общего органического вещества, так и водорастворимых соединений.
3. Значения каталазной активности в верхних горизонтах черноземов соответствуют «средней» степени обогащенности почв ферментов, в нижних горизонтах – «бедной» и «очень бедной». Инвертазная активность сохраняется на уровне «очень богатой», за исключением чернозема гидрометаморфизованного.

4. Все изученные почвы, независимо от горизонта, характеризуются средней обогащенностью дегидрогеназой, при этом величины дегидрогеназной активности наиболее тесно коррелируют с содержанием ВОВ. Остальные фермента коррелируют с содержанием ВОВ в меньшей степени.

Список литературы

1. Горбов С.Н., Безуглова О.С., Скрипников П.Н., Тищенко С.А. Растворимое органическое вещество в почвах Ростовской агломерации // Почвоведение. – 2022. – № 7. – С. 894-908. – DOI 10.31857/S0032180X2207005X.
2. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. №8. с. 918-926.
3. Семенов В.М., Когут Б.М., Зинякова Н.Б. [и др.]. Биологически активное органическое вещество в почвах европейской части России // Почвоведение. – 2018. – № 4. – С. 457-472. – DOI 10.7868/S0032180X1804007X.
4. Хазиев Ф. Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2015. №2 (78).
5. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Яшин М.А., Лазарев В.И., Ильин Б.С., Филиппова О.И., Воликов А.Б., Иванов А.Л. Оптические характеристики экстрагируемых фракций органического вещества типичных черноземов в многолетних полевых опытах // Почвоведение. 2020. № 6. С. 691–702.

ВЛИЯНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ КАК ЧАСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ

Гатиятов Салим Маратович, студент I курса института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Ermaksg2007@gmail.com

(Научный руководитель – Анисимов Александр Алексеевич, к.б.н., доцент кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Anisimov_a@rgau-msha.ru)

Аннотация Гумусовые вещества – основной компонент органического вещества почвы, определяющий её плодородие и урожай растений. Они образуются в ходе длительных реакций, зависящих от внешних факторов, поэтому их разнообразие очень велико. Гумус обеспечивает благоприятное развитие растений косвенно, влияя на характеристики почв, а также взаимодействуя с ними напрямую, влияя на физиологию.

Ключевые слова: гумусовые вещества, гумусовые кислоты, ауксин, Н+/АТФаза