

УДК 631.445.24:631.46

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОСУШЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ

В. К. ШИЛЬНИКОВА, Г. Ю. РАБИНОВИЧ, Ю. И. МИТРОФАНОВ

(Кафедра микробиологии)

Приводятся результаты комплексных исследований воздействия на биологическую активность осушенных дерново-подзолистых глееватых почв разных способов их обработки. Выявлены корреляционные связи урожайности с активностью окислительно-восстановительных ферментов. Проведен кластерный анализ влияния обработок почвы на совокупность показателей микробиологической и биологической активности почвы.

Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках обычно приурочены к выровненным слабодренированным участкам. Их избыточная увлажненность и оглеенность не благоприятствуют развитию растений, затрудняют проведение полевых работ. Осушение таких массивов должно повысить эффективность их использования и урожайность сельскохозяйственных культур. По данным В. А. Ковды [14], в северных областях РСФСР площадь почв, нуждающихся в осушении, составляет 15 млн га. При хозяйственном использовании осушаемых почв в них в результате механической обработки, применения удобрений, гербицидов и т. п. могут начаться нежелательные и часто необратимые процессы. В связи

с этим необходимо изучение воздействия хозяйственных мероприятий на состав и жизнедеятельность почвенных организмов и биологическую активность почв [4].

Если ранее считалось, что реальную картину сложных взаимосвязанных процессов в почве можно получить, используя один из существующих методов определения ее биологической активности [15], то сейчас о биологической активности почвы и ее плодородии принято судить только на основе сочетания разных показателей [10, 13, 20].

Цель данной работы — установить характер воздействия почвообработок на фоне осушения на биологическую активность и микроорганизмы дерново-подзолистых

глеватых почв, сформированных на карбонатной морене, в условиях Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР.

Методика

Полевой стационарный опыт был заложен на осушенном закрытым дренажем участке в Калининском районе Тверской области. Почва дерново-среднеподзолистая глееватая легкосуглинистая: рН — около 7, гумус в слоях 20—40 и 0—20 см — соответственно 1,22 и 2,33 %. Наряду с осушением в ряде вариантов 2 раза (в 1-й и 4-й годы ротации севооборота) проводили глубокое полосное рыхление [26].

Схема опыта включала 3 варианта обработки почвы: I — отвальную на 20—22 см, II — чизельную на 20—22, III — минимальную на 10—12 см — на двух фонах: 1 — без рыхления, 2 — с применением глубокого полосного рыхления на 55—60 см. Под горохоовсяную смесь вносили 40N90P90K, под озимую рожь — 30+20+40N90P90K, под картофель — 60N90P120K, под овес — 90N90P90K. Почву под горохоовсяную смесь и картофель удобряли навозом из расчета соответственно 40 и 60 т/га. Посевы озимой ржи обрабатывали гербицидами: симазин (0,5 кг/га) до появления всходов и фундазолом перед уходом растений в зиму. Определение изучаемых параметров, характеризующих суммарную напряженность биологических процессов в почве, проводили на смежных участках полевого опыта в двух закладках 1985—1986 гг., т. е. в 1-й ротации 7-польного севооборота, включающего чередование (за период с 1985 по 1988 г.) следующих культур: горохоовсяная смесь — озимая рожь — картофель — овес.

Образцы почвы отбирали в 6-кратной повторности по фазам развития растений с глубины 0—20 и 20—40 см [7]. Изменения параметров по профилю почвы определяли методом аппликаций [17] путем закладки на глубину 50 см льнополотен на плотном полиэтилене.

Анализы микроорганизмов выполняли по общепринятым методикам [23]. Активность каталазы определяли газометрическим методом А. Ш. Галстяна [6], дегидрогеназы — методом А. И. Чундеровой [25], инвертазы — модифицированным методом К. С. Ожегова [19], энергию дыхания почвы по выделению углекислоты — адсорбционным методом Л. О. Карпачевского [12].

Различия между вариантами опыта и степенью их достоверности оценивали с помощью дисперсионного анализа [7]. Для выявления степени и направления линейных связей между сравниваемыми показателями вычисляли коэффициент корреляции [7]. Влияние обработки на совокупность биологических показателей оценивали на основании результатов кластерного анализа по программе CLST на ЭВМ «СМ-1420» [11].

Результаты исследований

Значения показателей биогенности и биологической активности почв существенно достоверно различались по вариантам опыта. Микробные ценозы почв в различные периоды года характеризовались более высоким содержанием микроорганизмов, учитываемых на агаризованной почвенной вытяжке (АПВ) и мясо-пептонном агаре (МПА), олигонитрофилов на среде Эшби, денитрифицирующих бактерий и довольно высоким содержанием бацилл, актиномицетов и анаэробных фиксаторов азота. Все эти

Таблица 1

Численность микроорганизмов (млн/г) на АПВ (в числителе) и МПА (в знаменателе) при разных способах обработки (среднее за вегетационный период в 1985—1987 гг. в слое почвы 0—20 см)

Вариант обработки почвы	Горохоовсяная смесь		Озимая рожь		Картофель	
	Вариант рыхления					
	1	2	1	2	1	2
I	12,5	19,8	16,3	10,7	24,7	28,0
	0,68	0,6	2,5	1,1	2,9	1,7
II	10,9	16,2	13,3	17,8	27,0	22,1
	0,57	0,56	2,5	2,5	2,9	2,7
III	14,7	13,7	24,0	21,5	29,2	23,1
	0,37	0,74	2,8	1,7	3,0	2,0

группы микроорганизмов доминируют в изучаемых почвах [21, 22]. При глубоком полосном рыхлении, как правило, возрастала численность большинства групп микроорганизмов. Наиболее высокой биогенностью характеризовался вариант с чизельной обработкой.

Как видно из табл. 1, в полях севооборота общее количество микроорганизмов (ОКМ) на АПВ было существенно выше общего количества бактерий (ОКБ) на МПА. Несмотря на относительную элективность среды с почвенным экстрактом, она в большей степени отражает реальный микробный пул почвы [1, 9]. Выявлена устойчивая тенденция возрастания ОКМ в севообороте, особенно в варианте с минимальной обработкой. В варианте с чизельной обработкой количество микроорганизмов на АПВ при рыхлении возрастало не так существенно, как при отвальной обработке. Исходя из утверждений Т. В. Аристовской [1] о том, что на АПВ в основном развиваются доминирующие в почве олиготрофы, которые довольствуются незначительным количеством органи-

ческих веществ, характеризуются небольшими размерами и, очевидно, участвуют не только в разложении гумусовых веществ почвы, но и в создании потенциального почвенного плодородия [2], их большее количество в варианте с минимальной обработкой по сравнению с отвальной и чизельной может свидетельствовать о более высоком энергетическом потенциале данного варианта [5].

Рост в севообороте численности аммонифицирующих микроорганизмов был несколько меньше в вариантах с рыхлением, чем без него (табл. 1, рис. 1).

Дисперсионный анализ подтвердил достоверность различий по данному фактору. Объяснение этому явлению было дано ранее [22]. Все же, рассматривая отношение аммонификаторов к условиям аэрации в почве, следует отметить, что они достаточно активно реагировали на способы обработки почвы. Так, их численность в варианте с чизельной обработкой при рыхлении была наиболее высокой под озимой рожью и картофелем, однако в этом же варианте без рыхле-

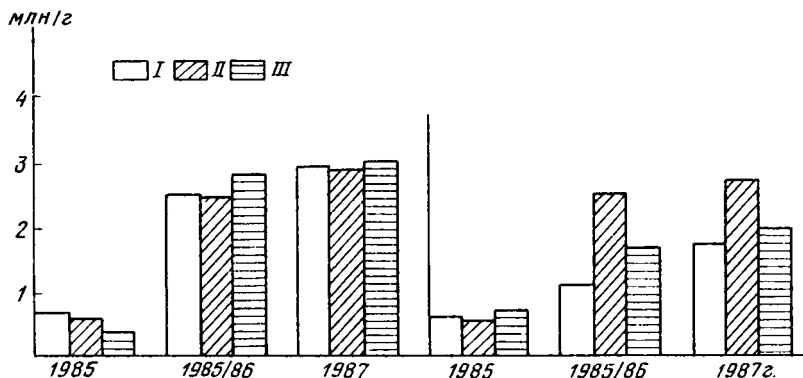


Рис. 1. Динамика ОКБ на МПА в слое почвы 0—20 см в севообороте: гороховая смесь (1985 г.) — озимая рожь (1985/86 г.) — картофель (1987 г.). I — отвальная обработка; II — чизельная; III — минимальная обработки; 1 — без рыхления, 2 — с рыхлением.

ния она оказалась достоверно ниже, чем при минимальной обработке.

Актиномицеты обычно тяготеют к почвам с высоким содержанием органического вещества [16]. Их численность в исследованных почвах на 3-й год севооборота достигала 300 тыс. клеток на 1 г абсолютно сухой почвы (табл. 2), что соответствует данным о незначительном содержании актиномицетов в дерново-подзолистых почвах [18]. Количество актиномицетов было достоверно выше в вариантах с глу-

боким полосным рыхлением (рис. 2) и увеличивалось от первого к последующим полям севооборота.

С развитием в почве целлюлозоразрушающих микроорганизмов тесно связана интенсивность разложения льнополотна, в основном обуславливаемая деятельностью данной группы микроорганизмов (табл. 3).

В целом колебания численности целлюлозоразрушающих микроор-

Таблица 2
Численность актиномицетов (тыс./г, в среднем за вегетационный период 1987 г.) в слое почвы 0—20 см

Вариант обработки почвы	Озимая рожь		Картофель	
	Вариант рыхления			
	1	2	1	2
I	200	270	240	270
II	240	320	315	355
III	255	315	310	330

Таблица 3
Интенсивность разложения льнополотна (%), среднее за период вегетации под гороховой смесью в 1985—1986 гг. и озимой рожью в 1986 г.)

Вариант обработки почвы	Гороховая смесь		Оз. рожь	
	Вариант рыхления			
	1	2	1	2
I	53	52	71	51
II	46	48	67	53
III	43	39	49	49

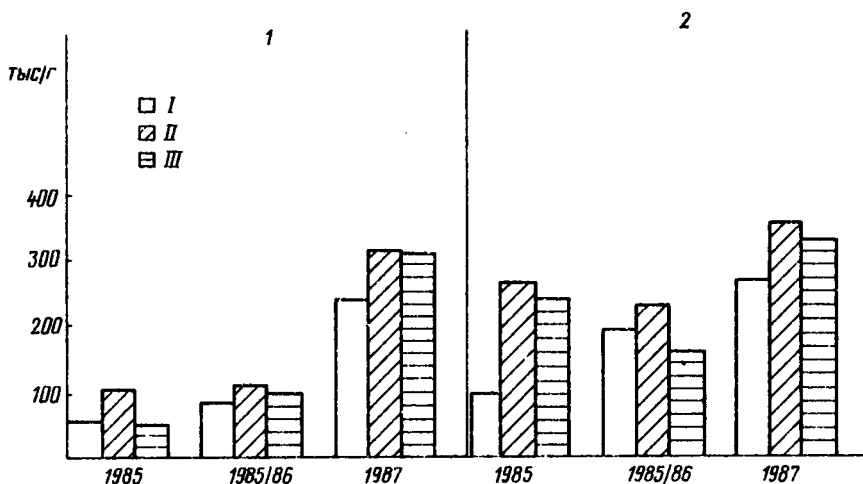


Рис. 2. Динамика количества актиномицетов в слое почвы 0—20 см в том же севообороте.
Обозначения те же, что на рис. 1.

ганизмов в периоды вегетации культур севооборота были невелики. Однако количество анаэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов к концу вегетации несколько увеличивалось (табл. 4), что, очевидно, объясняется снижением порозности аэрации и общей порозности почвы к этому периоду (табл. 5). Исключение составляют варианты с отвальными обработками, в которых в течение вегетационного сезона порозность почвы снижалась в меньшей степени, чем в вариантах с чизельной и минимальной обработками. Однако даже такая незначительная разница в значениях общей порозности и порозности аэрации, по-видимому, может оказаться весьма существенной для жизнедеятельности определенного микробсообщества почвы, в т. ч. отдельной физиологической группы.

В севообороте численность аэробных целлюлозоразрушающих мик-

роорганизмов в течение трех лет исследований была наименьшей при отвальных обработках (рис. 3).

В вариантах с рыхлением количество целлюлозоразрушающих аэробов было достоверно больше,

Таблица 4
Численность анаэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов (тыс/г) под горохоовсяной смесью в пахотном (в числителе) и подпахотном (в знаменателе) горизонтах в мае и июле 1985 г.

Вариант обработки почвы	31/V		26/VII	
	Вариант рыхления			
	1	2	1	2
I	0,49	0,58	0,13	0,34
	3,0	0,0	0,06	0,03
II	0	0,03	0,32	0,06
	0	0,0	0,06	0,05
III	0	0,06	0,32	0,06
	0	0,32	0,03	0,06

Таблица 5

Общая порозность (% в числителе) и порозность аэрации (% в знаменателе) под гороховоовсяной смесью

Вариант обработки почвы	Слой почвы, см	Без рыхления		С рыхлением	
		В начале вегетации	Перед уборкой	В начале вегетации	Перед уборкой
I	0—20	53,1	49,6	53,9	48,8
		26,5	30,6	29,2	31,4
	20—40	40,8	40,1	42,3	44,7
		12,3	14,5	11,6	19,3
II	0—20	51,5	48,8	52,7	48,4
		25,7	30,7	26,3	29,2
	20—40	39,3	38,5	43,1	40,5
		9,6	10,0	15,2	14,3
III	0—20	48,8	46,2	50,4	48,1
		16,0	31,5	18,9	32,8
	20—40	40,1	39,3	43,9	41,5
		12,0	23,6	19,3	16,4

чем в варианте без рыхления. Это подтверждают имеющиеся данные [27] о возрастании более чем в 2 раза численности аэробных и анаэробных бактерий, а также об ин-

тенсивности разрушения целлюлозы при глубоком рыхлении почвы, особенно в глубоких слоях. Со 2-го года севооборота проявилось влияние обработок, а также их взаимо-

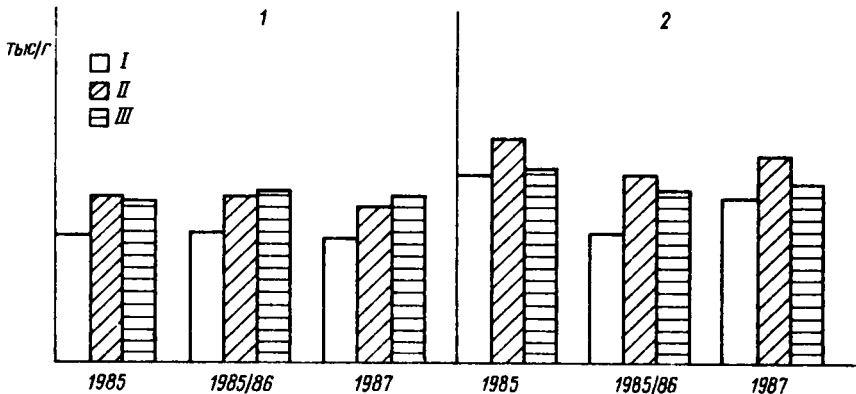


Рис. 3. Динамика численности целлюлозоразрушающих аэробных микроорганизмов в слое почвы 0—20 см в том же севообороте. Обозначения те же, что на рис. 1.

действия с рыхлением, при чизельной и минимальной обработках количество целлюлозсразрушающих азробов было выше, чем при отвальной.

Степень выделения почвой CO_2 дополняет оценку суммарной напряженности биологических процессов (рис. 4). Наибольшее за время наблюдений выделение почвой CO_2 отмечалось по фону рыхления и без него в 1986 г., который характеризовался достаточно теплым и сухим вегетационным периодом. Связь данного показателя с благоприятными метеорологическими условиями наблюдалась и ранее [8]. Все же достоверно более высокие значения этого показателя в течение всех

лет были свойственны вариантам с глубоким полосным рыхлением (подтверждено дисперсионным анализом). Лишь в 1987 г. разница сглаживалась, что, очевидно, можно объяснить низкой температурой, высокой влажностью и слабым испарением в течение всего периода вегетации в данном году.

Поскольку дыхание почв зависит в значительной степени от метаболической активности микроорганизмов, надо полагать, что рыхление, улучшая общую порозность почвы, усиливает их развитие, особенно аэробных форм [21]. Однако усиление дыхания почвы в вариантах с рыхлением свидетельствует не только о повышении биогенности, но и о возможности больше-

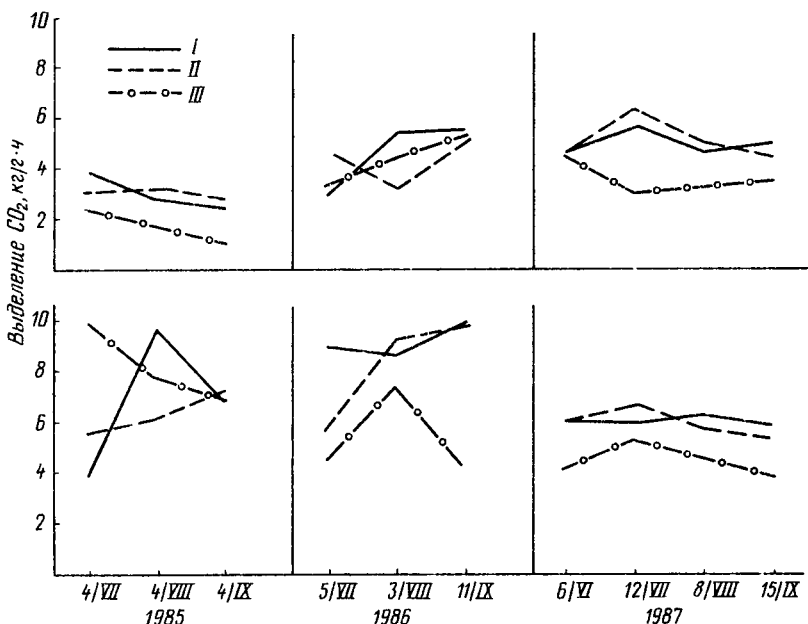


Рис. 4. Интенсивность выделения CO_2 осушенной дерново-подзолистой глееватой почвой в вариантах без рыхления (вверху) и с рыхлением. Обозначения те же, что на рис. 1.

го расхода органического вещества почвы, в частности гумуса, что нежелательно.

При минимальной обработке интенсивность дыхания достоверно меньше, чем при отвальной и чизельной. По-видимому, в первом случае энергетический биопотенциал почвы расходуется экономнее [5].

Динамика выделения почвами CO_2 в вариантах с рыхлением частично отличалась от его динамики в соответствующих вариантах без рыхления, особенно при отвальных обработках. Очевидно, коррекцию в результаты вносил создаваемый в течение вегетационного сезона водно-воздушный режим почв, а также колебания численности микроорганизмов, определяющих объемы выделения CO_2 [15]. Так, в 1985 г. с июля по август наблюдалось снижение количества осадков с 85 до 50 мм, в этот период температура атмосферного воздуха повышалась с 16 до 18,5 °С, а следовательно, усиливалось испарение влаги. В связи с этим выделение CO_2 также должно бы усиливаться, что и происходило в варианте отвальной обработки с рыхлением, в то же время количество выделившейся CO_2 соответствующего варианта без рыхления, наоборот, несколько уменьшалось. Снижение происходило даже вопреки увеличившемуся количеству микроорганизмов (табл. 6). В 1986 г. отмечалось необычное усиление выделения CO_2 почвой в этом же варианте, несмотря на снижение количества микроорганизмов приблизительно в 14 раз, что можно объяснить резким снижением количества выпавших осадков.

Дополнительными диагностическими критериями биологической активности почвы служат показатели ее ферментативной активности

Таблица 6

Динамика численности микроорганизмов (тыс/г) при отвальных обработках под горохоовсяной смесью (1985 г. в числителе) и озимой рожью (1986 г. в знаменателе)

Микроорганизмы	2/VII		25—26/VII	
	Вариант рыхления			
	1	2	1	2
Бактерии	519	384	8400	2400
	774	890	290	1440
Актиномицеты	42	168	118	460
	108	99	159	60
Грибы	6,2	9,2	9,4	6,4
	8,8	6,8	8,7	9,0
Спорообразующие	103	154	179	115
	61	216	160	299

[6]. Активность окислительно-восстановительных ферментов в нейтральных почвах довольно высокая, так как их оптимум лежит в нейтральном интервале значений pH. Поэтому относительно низкие значения активности каталазы (2—3 см³ O₂ на 1 г абсолютно сухой почвы) в изучаемых почвах были несколько неожиданными. Согласно шкале обогащенности ферментами [8], эти почвы относятся к средним по обогащенности каталазой. По активности же дегидрогеназы ее скорее можно отнести к бедным: ее значения для слоя 0—10 см варьируют в интервале 0,5—2,5 мг ТФФ на 10 г за 24 ч.

Изменение активности каталазы в течение вегетационного сезона прямо пропорционально динамике влажности почвы (рис. 5). Однако в 1987 г. повышению активности фермента к середине лета под озимой рожью (рис. 6) и картофелем (табл. 7) сопутствовало снижение влажности.

По-видимому, при низкой влажности проявляется активность ра-

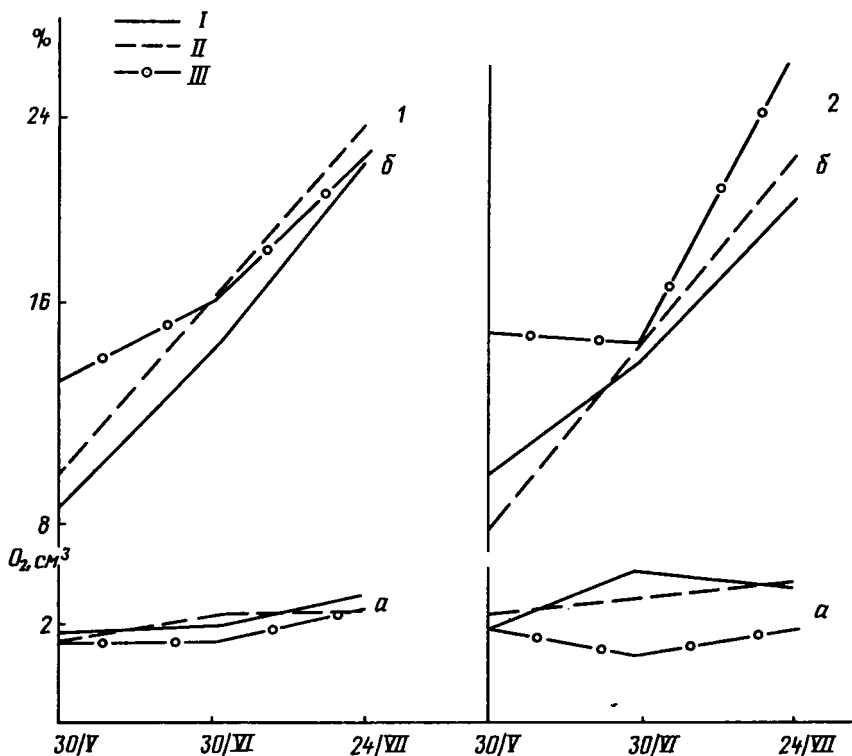


Рис. 5. Каталазная активность (а) и влажность почвы (б) под озимой рожью (1986 г.) в слое 0—20 см.

Обозначения те же, что на рис. 1.

Таблица 7
Активность каталазы ($\text{cm}^3 \text{O}_2/\text{г}$, в числителе) и влажность почвы (% , в знаменателе) в слое 0—20 см под картофелем.

Вариант обработки почвы	2—3/VI		5—6/VII		6/VIII		15/IX	
	Вариант рыхления							
	1	2	1	2	1	2	1	2
I	2,0	2,2	2,9	3,2	2,3	2,6	2,2	2,0
	25	24	19	21	15	19	22	23
II	1,8	1,9	3,1	3,9	2,9	2,8	2,7	2,7
	27	26	21	21	19	20	23	23
III	1,8	1,8	1,7	1,7	2,1	2,7	2,1	2,0
	2,6	26	23	23	21	13	25	22

нее накопленных экзоферментов [24].

К периоду уборки урожая картофеля в 1987 г. (15 сентября), несмотря на возросшую влажность, активность каталазы в слое почвы 0—20 см снизилась во всех вариантах опыта (табл. 7). Это обусловлено, возможно, затуханием микробиологических процессов осенью [16], а также изменением коллоидно-химических свойств почвы в предшествующий сухой период и с прочной адсорбцией фермента [24] почвой, что привело к его частичной необратимой инактивации. Между дыханием почвы и каталазной активностью обнаружена прямая корреляционная зависимость (рис. 6). В севообороте коэффициент корреляции на участке посева горохоовсяной смеси был равен 0,87, в посеве озимой ржи — 0,77, под картофелем — 0,93.

Различия по активности каталазы в зависимости от обработки почвы были существенны при 5 % уровне значимости. В варианте с минимальной обработкой активность фермента была меньше, чем в вариантах с отвальной и чизельной обработками. Различий по фактору рыхления при 5 % уровне значимости не обнаружено, наблюдалась лишь тенденция к уменьшению активности каталазы в вариантах без рыхления. Различия могут стать существенными только при 10 % уровне значимости.

На активность дегидрогеназы некоторое влияние оказали культуры севооборота. Под озимой рожью она, как правило, снижалась к периоду уборки (табл. 8). Под горохоовсяной смесью (посев 1986 г., рис. 7) к концу вегетационного сезона наблюдалось повышение дегидрогеназной активности, что, оче-

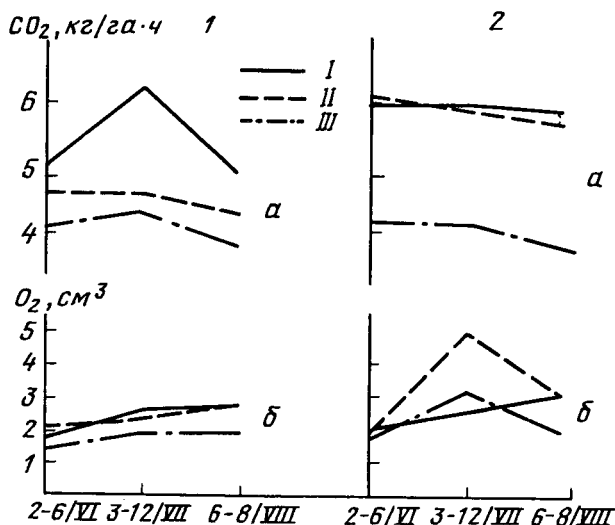


Рис. 6. Выделение CO₂ (а) и активность каталазы (б) под озимой рожью (1987 г.). Обозначения те же, что на рис. 1.

Таблица 8

Активность дегидрогеназы (мг ТФФ на 10 г за 24 ч) под озимой рожью в слое почвы 0—20 (в числителе) и 20—40 см (в знаменателе) в 1986 г. (1-я закладка опыта)

Вариант обработки почвы	30/V		30/VI		24/VII		Среднее	
	Вариант рыхления							
	1	2	1	2	1	2	1	2
I	1,79	1,26	1,57	1,48	0,94	0,26	1,43	1,0
	1,62	0,14	1,60	0,16	0,0	0,0	1,07	0,1
II	2,28	1,83	3,10	1,31	0,41	0,22	1,93	1,22
	2,4	0,91	1,14	Не опр.	0,46	0,0	1,33	0,46
III	2,86	1,46	3,40	2,17	0,86	0,23	2,37	1,29
	1,60	0,67	0,75	0,96	0,0	0,0	0,91	0,54

видно, связано со значительным увеличением количества осадков и небольшим понижением температуры в июле, способствовавшим созданию условий анаэробнозона в почве.

В 1987 г. под озимой рожью (2-я закладка опыта) и картофелем (1-я закладка), в 1988 г. под картофелем (2-я закладка) и овсом (1-я закладка) сохранялась общая закономерность снижения активности дегидрогеназы к периоду уборки культур (конкретные данные здесь не приведены).

В посевах горохоовсяной смеси отмечена тенденция к снижению дегидрогеназной активности почвы в вариантах с рыхлением; под озимой рожью и картофелем эти различия достоверны при 5 % уровне значимости. Выявлены также достоверные различия вариантов обработок почвы: при 5 % уровне значимости под горохоовсяной смесью и картофелем активность дегидрогеназы была наивысшей в вариантах с минимальными обработками, наименьшей — в вариантах с отвальной обработкой. Под озимой рожью достоверных различий не обнаружено, но упомянутая тенденция (максимум — при минимальной, мини-

мум — при отвальной обработке) сохранялась.

По активности инвертазы почвы опытного участка можно отнести к очень бедным (табл. 9), что, видимо, обусловлено несоответствием рН почвы оптимуму данного фермента, карбонатностью морены, подавляющей гидролитическую активность, а также и тем, что любая степень оглеения дерново-подзолистых почв отрицательно влияет на содержание в них инвертазы [19].

Наибольшей активностью фермента характеризовались почвы под горохоовсяной смесью, самой невысокой — почвы под овсом (после картофеля) и под картофелем. Это наблюдалось, в частности, в засушливом 1988 г. Имеются данные [3] о самой низкой биологической активности почвы после пара и картофеля.

В большинстве вариантов с минимальной обработкой без рыхления и с рыхлением активность инвертазы была выше, чем при других способах обработки. Ее снижение при отвальных обработках объясняется, по-видимому, эффектом перемешивания слоев почвы, в том чис-

Таблица 9

Активность инвертазы (мг глюкозы на 1 г, в среднем за вегетационный период) в слое почвы 0—20 см в вариантах с рыхлением (в числителе) и без него (в знаменателе)

Вариант обработки	Горохо-овсяная смесь, 1986 (2)	Озимая рожь		Картофель		Овес
		1986 (1)	1987 (2)	1987 (1)	1988 (2)	1988 (1)
I	3,6	2,3	3,2	1,9	1,1	1,3
	3,4	3,0	2,3	2,5	1,1	1,5
II	3,6	2,2	2,6	2,1	1,7	1,4
	4,0	2,8	2,2	3,0	1,3	0,8
III	3,8	2,8	3,5	2,8	2,1	1,5
	4,0	2,8	1,9	2,8	1,1	1,8

Примечание. В скобках (1) — 1-я закладка опыта; (2) — 2-я закладка.

ле глеевого ингибирующего. Однако под озимой рожью снижения активности фермента не происходит. Надо полагать, что в этом случае почва успевает приобрести прежнюю послойную структуру, так как ее обработка проводится за год до посева ржи.

Связи урожайности горохоовсяной смеси, озимой ржи, картофеля и овса с содержанием в почвах инвертазы не установлено. Видимо, в условиях глееватых почв в качестве индикаторов урожайности среди ферментов следует выделить группу окислительно-восстановительных [24]. Действительно, коэффициент корреляции между урожайностью и активностью каталазы для горохоовсяной смеси был равен 0,90, для озимой ржи — 0,89, для картофеля — 0,67; между урожайностью и активностью дегидрогеназы — соответственно — 0,21; —0,66; —0,66, а также для овса — 0,87.

Как видим, урожайность культур в севообороте достаточно тесно связана с биологической активностью почв. Однако с отдельными группами микроорганизмов положитель-

ная связь прослеживалась лишь в некоторых вариантах. При чизельной обработке с рыхлением и без него урожай озимой ржи был выше, чем в контроле и в варианте с минимальной обработкой (соответственно 49,5 и 47,3; 47,3 и 43,4; 46,9 и 42,5 ц/га). Все же, несмотря на выявляемую связь некоторых микробиологических показателей (табл. 2, рис. 3) с урожайностью культур севооборота, следует отметить тот факт, что ни с одним из них указанная связь не была у тойчивой, т. е. отрицательная корреляционная зависимость могла сменяться положительной или чаще всего вообще отсутствовать.

Этим еще раз подтверждается известный постулат «урожайность — функция нескольких переменных» [13] и лишь некоторые из показателей биологической активности почв и только в условиях максимально приближенных к естественным [20] могут в какой-то степени быть ее индикаторами. Выделение почвами CO_2 непосредственно в полевых условиях в этом плане наиболее показательны. Корреляционным анализом обнаружены линей-

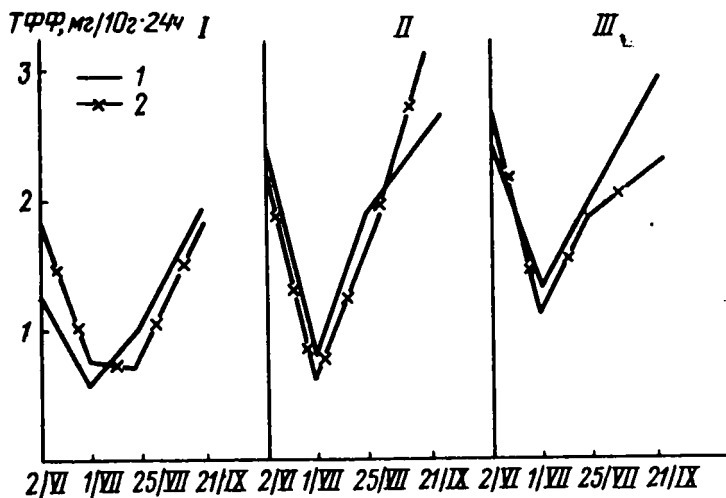


Рис. 7. Активность дегидрогеназы под горохоовсяной смесью (2/VI—25/VII) и озимой рожью (21/IX).

Обозначения те же, что на рис. 1.

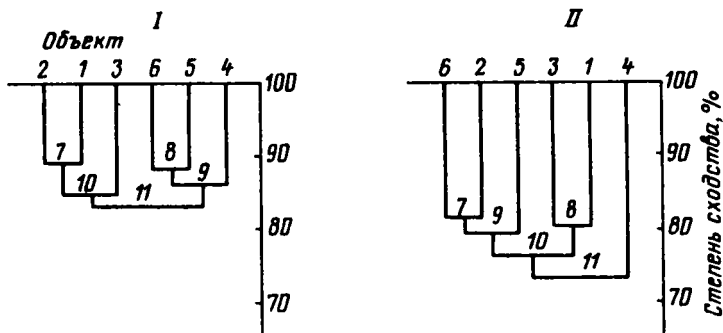


Рис. 8. Дендрогаммы, характеризующие степень сходства вариантов почвообработки по совокупности биологических показателей для пахотного (I) и подпахотного (II) слоев почвы.

I—6 — объекты (варианты обработки; в том числе на фоне без рыхления (I): 1 — отвальная, 2 — чизельная, 3 — минимальная; на фоне с рыхлением (II): 4 — отвальная, 5 — чизельная, 6 — минимальная.

ные связи между выделением CO_2 и урожайностью всех культур севооборота. Так, коэффициент корреляции для горохоовсяной смеси равен 0,68, для озимой ржи — 0,65, для картофеля — 0,66. Следовательно, урожайность культур севооборота в опыте, исходя из среднего коэффициента детерминации ($D = 44\%$), достаточно тесно связана с дыханием почвы, а именно, с выделением CO_2 .

Итак, в опыте были выявлены связи различных биологических параметров между собой, а также влияние почвообработок на отдельные из них. Проведенный нами кластерный анализ позволил оценить влияние почвообработок на совокупность биологических параметров. Дендрограммы на рис. 8 характеризуют степень сходства вариантов почвообработки по совокупности 20 биологических показателей: численности различных групп микроорганизмов, интенсивности разложения клетчатки, азотфиксирующей способности, интенсивности выделения CO_2 , ферментивной активности почв и др.

Для слоя почвы 0—20 см кластерный анализ позволил установить высокую степень сходства (на уровне 85%) между почвообработками по фактору рыхления. При объединении вариантов почвообработок с рыхлением по совокупности показателей в общий кластер более близкая связь выявлена между вариантами с минимальной и чизельной обработками, а при соответствующем объединении вариантов обработки на фоне рыхления — между вариантами с отвальной и чизельной обработками.

Для слоя 20—40 см дендрограмма сходства почвообработок по совокупности биологических параметров имела совершенно иной вид. В данном случае варианты почвообработ-

ки не объединялись в кластеры по фактору рыхления. Очевидно, влияние почвообработок на совокупность биологических показателей в подпахотном слое сказывалось в меньшей степени, поскольку сами обработки непосредственно не затрагивали этого слоя.

Выводы

1. Урожайность сельскохозяйственных культур была выше при чизельной обработке почвы как на фоне рыхления, так и без него, а более низкой — при минимальной обработке.

2. В вариантах с применением глубокого полосного рыхления увеличивалась численность олиготрофов (на АПВ). На 3-й год севооборота в почве возрастало количество почти всех изучаемых микроорганизмов.

3. Выделение почвой CO_2 более тесно коррелирует с урожайностью, чем количественный состав микроорганизмов и степень разложения льнополотна. Связь урожайности растений и выделения почвой CO_2 определялась коэффициентом детерминации, равным 44%. Коэффициенты корреляции составили в среднем 0,66.

4. Зявлена низкая ферментативная активность изучаемых почв. Значения активности каталазы не превышали 2—3 $\text{см}^3 \text{O}_2$ на 1 г почвы за 1 мин, дегидрогеназы — колебались от 0,5 до 2,5 мг ТФФ на 10 г почвы за 24 ч, инвертазы — от 1,1 до 4,0 мг глюкозы на 1 г почвы.

5. Наиболее высокие показатели каталазной активности установлены в вариантах с рыхлением, особенно при чизельной обработке. Активность дегидрогеназы была выше в вариантах без рыхления, а также при минимальной обработке. Наивысшая активность инвертазы обнаружена также при минимальной

обработке с рыхлением и без него.

6. Рассчитаны значения коэффициентов корреляции урожайности сельскохозяйственных культур с активностью каталазы и дегидрогеназы. Они равны в первом случае для посевов горохоовсяной смеси 0,90; озимой ржи — 0,89, картофеля — 0,67; во втором — соответственно — 0,21; — 0,66; — 0,66, а также для овса — — 0,87.

7. Связи почвообработок по совокупности биологических показателей характеризуются довольно высоким уровнем сходства (85 %) между ними для слоя 0—20 см по фактору рыхления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аристовская Т. В.* Микробиология подзолистых почв.— М.— Л.: Наука, 1965.— 2. *Аристовская Т. В.* Микробиологические аспекты плодородия почв.— Почвоведение, 1988, № 9, с. 53—63.— 3. *Берестецкий О. А., Зубец Т. П., Петрова Л. Г.* Тр. ВНИИСХ микробиологии. Т. 51. Л.: 1981.— 4. Биологические основы плодородия почв / Под ред. О. А. Берестецкого.— М.: Колос, 1984.— 5. *Брук М. Х., Цвирко Э. А.* Влияние различных приемов основной обработки на микрофлору и азотфиксирующую активность почвы.— В сб.: Микроорганизмы, их роль в плодородии почвы и охране окружающей среды. М.: ТСХА, 1985, с. 21—26.— 6. *Галстян А. Ш.* Ферментативная активность почв Армении.— Ереван: Айастан, 1974.— 7. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985.— 8. *Звягинцев Д. Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей.— Почвоведение, 1978, № 6, 48—54.— 9. *Звягинцев Д. Г.* Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987.— 10. *Зименко Т. Т., Белковский В. И. и др.* Биологическая активность и минерализация органического вещества в песчаных торфяных почвах.— Изв. АН СССР, сер. биол. 1986, № 1, с. 58—64.— 11. Инструментальные методы в почвенной микробиологии / Под ред. Е. Н. Андреев. Киев: Наукова думка, 1982.— 12. *Карпачевский Л. О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе.— М.: Изд-во МГУ, 1977, с. 312.— 13. *Карягина Л. А.* Микробиологические основы повышения плодородия почв.— Минск: Наука и техника, 1983.— 14. *Ковда В. А.* Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана.— М.: Наука, 1981.— 15. *Красильников Н. А.* Микроорганизмы почвы и высшие растения.— М.: Изд-во АН СССР, 1958.— 16. *Мишустин Е. Н.* Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975.— 17. *Мишустин Е. Н., Петрова А. Н.* Определение биологической активности почвы.— Микробиология, 1963, т. 32, вып. 2, с. 479—483.— 18. *Мосина Л. В.* Спорообразующие бактерии и актиномицеты в почвах Европейской части СССР.— Автореф. канд. дис., М., 1974.— 19. *Ожегов К. С.* Сравнительное изучение неоднородности почвенного покрова по ферментативной активности.— Автореф. канд. дис. М., 1986.— 20. *Полова Э. А.* Азот в лесных почвах.— Новосибирск: Наука, 1983.— 21. *Рабинович Г. Ю., Шильникова В. К., Салихов Р. А.* Изменение микробиологической активности осушенной дерново-подзолистой глееватой почвы под воздействием механических обработок.— Изв. ТСХА, 1988, вып. 2, с. 95—103.— 22. *Рабинович Г. Б., Шильникова В. К.* Развитие микрофлоры, участвующей в превращении азота, при различных способах обработки осушенной дерново-подзолистой глееватой почвы.— Изв. ТСХА, 1988, вып. 3, с. 106—117.— 23. *Теплер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И.* Практикум по микробиологии.— М.: Агропромиздат, 1987.— 24. *Хазиев Ф. Х.* Системно-экологический анализ ферментативной активности почв.— М.: Наука, 1982.— 25. *Чундерова А. И.* Ферментативная активность дерново-подзолистых почв Северо-Западной зоны.— Автореф. докт. дис. Тарту, 1982.— 26. Эколого-гидрологические основы глубокого мелiorативного рыхления почв / Под ред. Ф. Р. Зайдельмана.— М.: Изд-во МГУ, 1986.

Статья поступила 10 июня 1990 г.