

УДК 631.46

В. Н. ПЕРЕВЕРЗЕВ, Н. С. АЛЕКСЕЕВА, М. М. ЛОГВИНОВА

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ОКУЛЬТУРЕННЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

На протяжении четырех лет в полевом опыте изучалась динамика численности различных групп микроорганизмов, содержания гумусовых кислот и водно-растворимого органического вещества в почвах, различающихся по степени окультуренности (вновь освоенная целина, распаханная залежь и старопахотная хорошо окультуренная почва). Выявлены особенности процессов превращения органического вещества в окультуренных почвах и их изменения под влиянием внесения органических и минеральных удобрений.

Превращение органических веществ в окультуренных почвах происходит под влиянием различных факторов, ведущими среди которых являются гидротермические условия, поступление в почву растительных остатков и органических удобрений, интенсивность биохимических процессов. О влиянии окультуривания на состав и свойства органического вещества подзолистых почв накоплены обширные данные [1—4]. Они освещают характер преобразования гумуса почвы под влиянием внесения органических и минеральных удобрений, известкования и выращивания растений, в результате чего в окультуренных почвах гумус характеризуется более благоприятным фракционным и групповым составом и свойствами по сравнению с гумусом целинных почв. При этом решающее значение имеют приемы окультуривания, главным образом внесение органических удобрений. Многочисленные исследования, проведенные в разных районах Нечерноземной зоны, свидетельствуют о том, что только интенсивное окультуривание с систематическим внесением навоза или компостов в сочетании с периодическим известкованием может обеспечить бездефицитный баланс органического вещества в почве и создать условия, благоприятные для накопления гумуса, обладающего агрономически ценными свойствами.

Процессы превращения органического вещества в почвах протекают при участии микроорганизмов, численность и динамика которых в северных почвах изучались рядом авторов [7, 8].

Для земледелия в Мурманской обл. характерно применение высоких доз органических удобрений при выращивании однолетних культур (горохо-овсяная смесь, озимая рожь на зеленый корм, картофель и кормовая капуста) на окультуренных подзолистых почвах. Ежегодное внесение навоза или компоста под эти культуры должно составлять не менее 60—70 т/га [6]. При таком интенсивном внесении органических удобрений очень важно не только выявить их эффективность с точки зрения повышения урожаев сельскохозяйственных культур, но также и определить окультуривающее воздействие этих удобрений на почвы, в частности влияние на содержание и состав гумуса и биологические процессы, протекающие в почвах. Наиболее достоверные сведения по этим вопросам можно получить в полевом эксперименте.

Такие исследования были проведены в полевом мелкоделяночном опыте в течение 1972—1975 гг. на экспериментальном участке Кольского филиала АН СССР «Апатиты». Опыт проводили на трех участках: 1) ос-

военной целине — перепаханной лесной почве, 2) залежи — выгонном участке, не обрабатывавшемся в течение последних 15 лет и 3) пашне — хорошо окультуренной почве, которая использовалась для посевов однолетних растений. Все участки были обработаны весной 1972 г., произвесткованы и удобрены. Ежегодно перед посевом однолетних трав (горохо-овсяная травосмесь на зеленый корм) в почву вносили 90 т/га свежего навоза и минеральные удобрения (120 кг/га азота и по 80 кг/га фосфора и калия). Для того чтобы исключить влияние растений, все наблюдения проводили на паровых делянках, на которых в почву вносили те же удобрения.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы наблюдений существенно различались. В 1972 г. температура воздуха в течение всего вегетационного периода была выше нормы, а количество осадков, наоборот, было заметно меньше средних многолетних, что привело к иссушению почвы. Вегетационный период 1973 г. также отличался повышенными температурами воздуха в первой половине лета, которые сочетались с отсутствием осадков. В этом году отмечена самая длительная за все годы наблюдений засуха, которая продолжалась с 30 июня по 1 августа. Вегетационный период 1974 г. можно охарактеризовать как теплый и влажный, сочетание тепла и влаги в этом году было самым благоприятным. В 1975 г. была очень теплая и влажная весна, однако в целом вегетационный период характеризовался неблагоприятными метеорологическими условиями, так как начиная с середины июня и до конца августа температура воздуха была почти все время ниже нормы.

Микробиологические исследования проводили методом посева почвенных взвесей на плотные и жидкие питательные среды. Численность неспороносных бактерий учитывали на почвенном лептонно-глюкозном агаре (ППГА); спорообразующих бактерий — посевом пастеризованной почвенной суспензии на сусло-мясо-лептонном агаре (СМПА); количество бактерий, способных усваивать минеральный азот, и актиномицетов — высевом на крахмало-аммиачный агар (КАА); грибов — на подкисленном сусло-агаре. Количество нитрифицирующих, денитрифицирующих и азотфиксирующих микроорганизмов учитывали методом предельных разведений на соответствующих питательных средах. Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов определяли по методу Пушкинской.

Активность каталазы определяли после инкубирования навески почвы с перекисью водорода в течение 1 час при температуре 37° титрованием перманганатом калия; активность уреазы — по Галстяну, сахаразы — по Гёффману и Паллафу. Активность каталазы выражали в мг H_2O_2 на 2 г почвы, уреазы — в мг аммиачного азота на 2 г, сахаразы — в мг сахара (глюкоза + фруктоза) на 2 г почвы.

Наблюдения за численностью микроорганизмов проводили в 1972, 1974 и 1975 гг. путем ежемесячных анализов на протяжении вегетационного периода. Из табл. 1 видны значительные различия в биогенности почв в зависимости от их окультуренности и внесения удобрений. Следует отметить, что разные группы микроорганизмов неодинаково реагировали на степень плодородия почв и уровень агротехники. Численность грибов, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, а также олигонитрофилов мало различалась на разных по окультуренности участках, но очень резко возрастала при внесении органических удобрений. Минеральные удобрения в тех дозах, которые применялись в этом опыте, не существенно влияли на численность микроорганизмов. Такие же группы микроорганизмов, как актиномицеты, целлюлозоразлагающие и в особенности споровые бактерии и клостридиум, наиболее четко отражали состояние плодородия почвы.

В освоённой целинной почве численность микроорганизмов, вырастающих на ППГА и КАА, обычно не ниже, чем в освоённой залежной и

Таблица 1

Численность микроорганизмов в почве (средние данные за вегетационный период)

Угодье	Вариант	1972	1974	1975	1972	1974	1975	1972	1974	1975	1972	1974	1975	1972	1974	1975
		Бактерии на ППГА, млн/га			Бактерии на КАА, млн/г			Грибы, тыс/г			Актиномицеты, млн/г			Споровые млн/г		
Целина	Без удобрений	18,6	17,3	10,8	31,1	19,8	10,2	68	99	95	0,2	0,8	0,3	0,11	0,02	0,01
	НРК + навоз	13,8	22,3	19,2	22,2	11,5	27,0	82	64	164	0,8	1,2	1,9	0,10	0,11	0,14
Залежь	Без удобрений	7,7	10,1	7,8	8,8	7,6	11,2	108	102	153	0,2	0,4	0,4	0,13	0,06	0,03
	НРК	8,2	11,0	—	12,8	12,6	—	100	115	—	0,3	0,9	—	0,13	0,08	—
Пашня	НРК + навоз	14,0	28,0	17,0	25,2	33,9	25,5	115	353	302	1,0	2,3	1,8	0,20	0,10	0,09
	Без удобрений	15,5	12,4	11,5	19,4	10,9	11,8	130	112	110	0,5	2,9	0,9	1,18	0,82	0,63
	НРК	16,2	14,7	—	46,3	11,4	—	122	73	—	1,8	1,8	—	1,60	1,11	—
	НРК + навоз	20,4	40,3	37,8	33,2	36,8	38,0	100	198	208	2,3	3,7	3,7	2,08	1,26	0,72
		Олигонитрофилы, млн/г			Целлюлозоразлагающие, тыс/г			Нитрифицирующие, тыс/г			Денитрифицирующие, тыс/г			Клостридиум, тыс/г		
Целина	Без удобрений	24	24	15	8	17	24	2	53	8	28	3	750	0,1	0,6	0,1
	НРК + навоз	18	26	34	5	235	318	19	1230	116	32	820	799	1,0	220,0	18,0
Залежь	Без удобрений	11	9	15	65	404	1088	1	196	2	53	44	154	1,0	2,8	13,1
	НРК	12	7	—	92	292	—	8	155	—	10	28	—	0,1	2,6	—
Пашня	НРК + навоз	21	26	28	428	573	2825	21	500	82	8	244	172	2,8	2,4	67,0
	Без удобрений	18	10	14	348	280	1322	8	17	8	280	64	824	3,0	26,0	33,0
	НРК	22	11	—	345	300	—	10	133	—	280	26	—	7,8	8,2	—
	НРК + навоз	25	30	40	582	447	2200	25	173	121	53	262	1125	3,0	26,0	127,7

старопахотной почвах. Особенно это заметно, если сравнить варианты без внесения минеральных и органических удобрений. При этом действие навоза на численность этих групп микроорганизмов в целинной почве было относительно невысоким и значительно более слабым, чем на хорошо окультуренной почве. Это связано с неодинаковой обеспеченностью почв свежим негумифицированным органическим веществом. В целинной почве при ее освоении содержание такого материала было достаточно высоким за счет растительных остатков, попавших в почву при ее обработке. В условиях полевого опыта, когда устранено влияние неблагоприятных свойств, присущих целинной почве (прежде всего ее высокая кислотность), происходит интенсивное разложение растительных остатков, что и вызывает увеличение численности микроорганизмов. В старопахотных же почвах такой источник свежего органического вещества отсутствует, поэтому численность микроорганизмов в ней не всегда превышает уровень, характерный для вновь освоенной целинной почвы в первые годы ее использования.

По мере увеличения длительности освоения при отсутствии поступления органических материалов в виде растительных остатков или удобрений средняя численность микроорганизмов в целинной почве неуклонно уменьшается, в то время как в старопахотной почве она более или менее стабильна по годам, что свидетельствует о более высокой общей биогенности старопахотных почв по сравнению с вновь освоенными целинными почвами, в которых биологическая активность зависит в большей мере от обеспеченности свежим органическим веществом. Кроме того, в старопахотной почве, как уже говорилось, целый ряд таких групп микроорганизмов, как целлюлозоразлагающие и споровые, имеет постоянно значительно более высокую численность, чем в освоенной целинной почве.

Если сравнить численность микроорганизмов в вариантах с полным удобрением по годам, то можно выявить, как влияли метеорологические условия на уровень биогенности почв при оптимальном их обеспечении питательными веществами. Количество микроорганизмов, вырастающих на почвенном агаре, достаточно отчетливо соответствовало метеорологическим условиям разных лет. Наименьшая их численность (в среднем за вегетационный период) отмечена в 1972 г., что связано с недостатком влаги в почве. В два другие года наблюдалась примерно одинаковая численность этой группы микроорганизмов, а в 1974 г., наиболее благоприятно по температуре и увлажнению, их было несколько больше, чем в холодном 1975 г. Группа микроорганизмов, растущих на почвенном агаре, а также нитрифицирующие бактерии наиболее отчетливо отражали преимущество благоприятного сочетания тепла и влаги, которое было в течение вегетационного периода в 1974 г. На всех участках количество этих групп микроорганизмов в 1974 г. было большим по сравнению с холодным 1975 г. и засушливым 1972 г. В отношении же других групп микроорганизмов такой согласованной закономерности по всем участкам не наблюдалось. Можно лишь отметить, что развитие микроорганизмов тормозилось под влиянием иссушения почвы, которое наблюдалось летом 1972 г. Особенно это свойственно нитрифицирующим и денитрифицирующим микроорганизмам, количество которых в этом году было в несколько раз меньше, чем во влажные годы. И только спорообразующие бактерии, способные переносить длительное иссушение почвы, достигли максимальной численности в засушливом 1972 г.

Таким образом, микробиологические исследования, проведенные в этом опыте, свидетельствуют о том, что численность различных групп микроорганизмов отражает как степень окультуренности почв и их плодородие, так и особенности гидротермических условий разных сезонов.

Наблюдения за динамикой активности почвенных ферментов (каталазы, уреазы и сахаразы) показали, что сезонные изменения этих пока-

зателей в разные годы отличались сравнительно небольшим пределом колебаний. Особенно это относится к активности уреазы и каталазы. Активность уреазы (табл. 2) в большей степени не зависела от внесения органических удобрений: в вариантах с внесением навоза активность этого фермента была значительно выше, чем в вариантах без удобрений. Такая зависимость проявлялась на всех участках. Что касается сахаразы, то ее активность, наоборот, достаточно четко характеризует окультуренность почв, но в меньшей степени реагирует на внесение навоза.

Активность каталазы почти не изменялась на протяжении вегетационного периода и была примерно одинаковой на разных участках. Внесение навоза мало влияло на активность этого фермента. Внесение же минеральных удобрений почти не отражалось на активности всех изучавшихся почвенных ферментов.

Подводя итог обсуждению результатов изучения биологической активности почвы в полевом эксперименте, можно заключить, что в освоенных подзолистых почвах биохимические процессы могут протекать с достаточно высокой интенсивностью, которая зависит от степени окультуренности почвы, обогащенности ее органическим веществом, внесения органических удобрений, а также от гидротермических условий вегетационного периода. Некоторые группы почвенных микроорганизмов (целлюлозоразлагающие и споровые бактерии), а также активность сахаразы очень тесно связаны со степенью окультуренности почвы и могут служить диагностическими признаками плодородия окультуренных подзолистых почв. Ежегодное внесение навоза, необходимое для получения вы-

Таблица 2

Активность почвенных ферментов (средние данные за вегетационный период)

Угодье	Вариант	Каталаза		Уреазы				Сахараза		
		1973	1974	1972	1973	1974	1975	1973	1974	1975
Целина	Без удобрений	21	23	2,3	1,4	1,3	1,1	10	5	6
	НРК + навоз	26	27	3,3	4,5	3,4	3,4	11	8	11
Залежь	Без удобрений	23	24	1,4	1,0	1,0	1,0	18	8	12
	РК	21	—	1,2	1,0	—	—	17	—	—
Пашня	НРК	21	23	1,3	1,1	1,2	—	17	9	—
	НРК + навоз	23	24	2,6	3,2	1,9	2,4	23	11	18
	Без удобрений	21	22	1,4	1,2	1,1	1,1	27	14	15
	РК	22	—	2,1	1,5	—	—	32	—	—
	НРК	21	23	1,9	1,0	1,1	—	27	16	—
	НРК + навоз	24	26	2,7	2,8	2,2	3,1	33	17	23

Таблица 3

Содержание гумусовых веществ (% к весу почвы) и отношение Сгк: Сфк (средние данные за вегетационный период)

Угодье	Вариант	Сгк				Сфк				Сгк:Сфк			
		1972	1973	1974	1975	1972	1973	1974	1975	1972	1973	1974	1975
Целина	Без удобрений	0,26	0,30	0,37	0,37	0,96	0,79	0,83	0,77	0,27	0,38	0,44	0,48
	НРК + навоз	0,44	0,56	0,58	0,66	0,96	0,98	0,90	0,93	0,46	0,57	0,64	0,71
Залежь	Без удобрений	0,81	0,68	0,79	0,81	1,50	1,28	1,36	1,38	0,54	0,53	0,58	0,59
	РК	0,64	0,66	0,74	—	1,28	1,18	1,26	—	0,50	0,56	0,59	—
Пашня	НРК	0,77	0,70	0,82	0,80	1,36	1,17	1,25	1,24	0,57	0,60	0,66	0,64
	НРК + навоз	0,77	0,76	0,88	0,99	1,31	1,20	1,29	1,30	0,59	0,50	0,68	0,76
	Без удобрений	0,91	0,87	0,97	1,03	0,92	0,90	0,92	0,87	0,99	0,97	1,05	1,18
	РК	1,21	1,15	1,28	—	0,94	0,99	1,00	—	1,29	1,16	1,28	—
	НРК	1,00	1,04	1,17	1,32	1,07	0,99	0,97	0,97	0,93	1,05	1,21	1,36
	НРК + навоз	1,22	1,28	1,47	1,51	1,11	1,17	1,08	1,11	1,10	1,09	1,36	1,36

соких урожаев сельскохозяйственных культур, позволяет поддерживать достаточно высокий и стабильный уровень биогенности почв в почвенно-климатических условиях, недостаточно благоприятных для развития микроорганизмов.

Изучение динамики различных форм органического вещества проводили в этом опыте путем ежемесячных (в течение вегетационного периода) определений углерода гумусовых веществ (в непосредственной щелочной вытяжке с разделением на гуминовые и фульвокислоты) и углерода водно-растворимого гумуса в холодной и горячей вытяжках. В табл. 3 приведены средние показатели за вегетационный период. Эти данные позволяют проследить за изменениями, происходящими с содержанием гумусовых веществ в почвах в течение 4 лет под влиянием воздействия минеральных и органических удобрений. При рассмотрении данных следует иметь в виду, что при определении содержания гумуса (а также и содержания водно-растворимого гумуса) корни и остатки органических удобрений не удалялись, как это принято делать при определении группового и фракционного состава органического вещества.

Исходные почвы (по данным 1972 г.) значительно различались как по содержанию гуминовых и фульвокислот, так и по их соотношению. Освоенная целинная почва сохраняла черты, свойственные естественным подзолам, — преобладание фульвокислот над гуминовыми кислотами ($C_{гк} : C_{фк} = 0,27$), поскольку основой образовавшегося пахотного горизонта послужил иллювиальный гор. В₁, для которого характерно такое неблагоприятное соотношение гумусовых кислот. Внесение в эту почву $NRK +$ навоз заметно увеличило содержание гуминовых кислот, что видно из соотношений $C_{гк} : C_{фк}$ (табл. 3).

В почве залежи при постановке опыта содержание фульвокислот примерно в 2 раза превышало содержание гуминовых кислот. В этой почве без внесения удобрений изменение состава органического вещества было незначительным, причем одни минеральные удобрения почти не повлияли на содержание гуминовых кислот, а лишь несколько снизили содержание фульвокислот. Внесение навоза в эту почву заметно повысило содержание гуминовых кислот, но в меньшей степени, чем в целинной почве.

В старопахотной почве содержание гуминовых и фульвокислот при постановке опыта было примерно равным ($C_{гк} : C_{фк} = 0,99$). Изменения состава и содержания гумуса в этой почве были такими же, что и в двух других почвах, с той лишь разницей, что здесь довольно заметное накопление гуминовых кислот наблюдалось не только в варианте с навозом, но и при внесении одних минеральных удобрений.

Изменение группового и фракционного состава органического вещества почв под влиянием внесения органических удобрений можно проследить по данным анализа гумуса по методу Пономаревой и Плотниковой [5]. При подготовке почвенных образцов к этому анализу из них полностью удалялись корешки и остатки органических удобрений. Результаты представлены в табл. 4. Соотношение углерода и азота в почвах иллюстрирует закономерные различия в степени окультуренности разных почв. Если сравнить по этому показателю исходные почвы, то можно заметить, что старопахотная почва характеризовалась самым узким отношением $C : N$, что говорит о большей обогащенности ее органического вещества азотом. В целинной же почве отношение $C : N$ было очень широким. Внесение навоза и минерального азота в эту почву вызвало значительное обогащение ее азотом, в результате чего через 4 года отношение $C : N$ в ней приблизилось к показателю, характерному для старопахотной почвы. Внесение удобрений оказывало влияние на соотношение углерода и азота и в старопахотной почве, но в значительно меньшей степени, чем это наблюдалось в целинной почве. Залежная почва в этом отношении занимала промежуточное положение.

Таблица 4

Изменение группового и фракционного состава органического вещества в процессе окультуривания почвы

Угодье	C		N		C:N	% к общему углероду											Сгк:Сфк
	% к почве		вещества, извлекаемые спирто-бензо- лом	фракции гуминовых кислот				фракции фульвокислот				сумма фрак- ций	остаток				
				1		2	3	всего	1а	1	2			3	всего		
Исходные образцы																	
Целина	2,81	0,081	35	8,5	10,3	1,8	8,2	20,3	10,3	20,3	0	5,7	36,3	65,1	34,9	0,6	
Залежь	2,40	0,085	28	7,1	13,3	0	7,5	20,8	18,3	17,5	0	4,6	40,8	68,7	31,3	0,5	
Пашня	2,59	0,116	22	7,3	18,1	1,5	12,0	31,6	14,3	10,8	3,5	7,3	35,9	74,8	35,2	0,9	
Образцы 1975 г.																	
Целина без удобрений	1,83	0,060	30	9,8	9,8	0	8,7	18,5	23,0	9,2	4,9	4,3	41,4	70,7	29,3	0,4	
То же, NPK + навоз	2,34	0,111	21	5,1	9,0	5,1	9,8	23,9	14,1	6,8	3,0	4,3	28,2	57,2	42,8	0,8	
Залежь без удобрений	3,17	0,143	22	6,9	13,9	0	8,8	22,7	16,4	19,9	0	5,4	41,7	71,3	28,7	0,5	
То же, NPK + навоз	2,70	0,136	20	6,3	13,7	3,0	10,4	27,1	17,0	12,9	3,7	5,2	38,8	72,2	27,8	0,7	
Пашня без удобрений	2,51	0,134	19	5,6	17,5	2,0	13,1	32,6	11,6	9,2	3,2	4,4	28,4	66,6	33,4	1,2	
То же, NPK + навоз	3,30	0,188	18	5,8	16,3	6,1	15,8	38,2	9,4	8,8	3,0	6,4	27,6	71,6	28,4	1,4	

Целинная и залежная почвы в исходном состоянии характеризовались неблагоприятным соотношением гуминовых и фульвокислот. (Сгк : Сфк = 0,6—0,5), что связано с высоким содержанием в них фульвокислот. Ежегодное внесение органических удобрений вызвало резкое изменение соотношения гуминовых и фульвокислот в этих почвах, однако их фракционный состав изменился при этом незначительно. Преобладающей фракцией гуминовых кислот в хорошо удобренных навозом почвах остается первая, а относительное содержание второй фракции увеличилось незначительно.

Таким образом, интенсивное окультуривание целинной и залежной почв с ежегодным внесением больших доз органических удобрений спо-

Таблица 5

Содержание водно-растворимого углерода в почве полевого опыта (средние данные за вегетационный период), мг/100 г почвы

Угодье	Вариант	В холодной водной вытяжке				В горячей водной вытяжке			
		1972	1973	1974	1975	1972	1973	1974	1975
Целина	Без удобрений	34	43	23	19	151	150	118	99
	НPK + навоз	30	40	36	30	142	172	153	151
Залежь	Без удобрений	22	30	20	16	124	139	104	87
	PK	18	30	20	—	104	130	103	—
	НPK	15	28	21	13	100	139	109	83
	НPK + навоз	22	30	35	27	113	110	137	138
Пашня	Без удобрений	19	32	25	19	120	139	119	100
	PK	24	40	32	—	138	171	150	—
	НPK	19	30	26	20	112	147	124	113
	НPK + навоз	31	62	50	38	158	224	190	184

собствует улучшению их гумусового состояния (обогащению органического вещества азотом, увеличению содержания гуминовых кислот), которое достаточно отчетливо проявляется уже в первые годы после освоения этих почв.

Наиболее активная фракция органического вещества — водно-растворимая — также в процессе окультуривания претерпевает некоторые изменения. Средние данные за вегетационный период (табл. 5) характеризуют изменение содержания водно-растворимого органического вещества на протяжении 4 лет наблюдений. Почти во всех вариантах опыта и на всех участках наибольшее содержание водно-растворимого гумуса наблюдалось в 1973 г., на второй год после закладки опыта. В последующие годы количество его как в холодной, так и в горячей вытяжках стало значительно меньшим. Такая закономерность в изменении обеспеченности почв водно-растворимым органическим веществом связана с постепенной его минерализацией, чему способствовали благоприятные температурные условия трех из четырех вегетационных периодов, в течение которых проводились наблюдения. Определенное значение также имело вымывание гумуса из пахотного слоя, которое было значительным на не защищенных растительностью паровых делянках. Так, прямые лизиметрические наблюдения показали, что в течение вегетационного периода 1974 г. вынос органического углерода из окультуренной подзолистой почвы под паром составил 46 кг/га, а в 1975 г. эта величина равнялась 22,6 кг/га. Увеличение содержания водно-растворимого гумуса в 1973 г. можно объяснить тем, что в этом году, так же как и в предыдущем, вегетационный период отличался засушливостью, поэтому выноса органического вещества не было.

Сравнивая содержание органического вещества, переходящего в водную вытяжку, в контроле и вариантах с внесением навоза, можно заметить определенные различия, которые проявляются в почвах разной сте-

пени окультуренности. В освоенной целинной почве в первые 2 года содержание водно-растворимого углерода в этих вариантах различалось незначительно, а в целом содержание этой фракции органического вещества в ней было несколько больше, чем в залежной и пахотной почвах. Это связано с обогащенностью освоенной целины органическим веществом растительных остатков, попавших в нее при обработке. В следующие 2 года уменьшение содержания водно-растворимого гумуса в этой почве более интенсивно происходило в контроле, куда органические удобрения не вносили, в то время как в варианте с навозом оно изменялось мало. Такой же характер имела динамика этой фракции гумуса по

Таблица 6

Урожай зеленой массы однолетних трав в полегом опыте (1 — ц/га, 2 — % к контролю)

Угодье	Вариант	1972		1973		1974		1975		Среднее за четыре года	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Целина	Контроль	35	100	16	100	22	100	15	100	22	100
	НРК + навоз	63	196	40	251	154	692	225	1500	122	554
Залежь	Контроль	53	100	20	100	44	100	50	100	42	100
	РК	51	95	23	112	65	148	48	96	47	112
	НРК	67	125	34	166	127	218	187	374	104	248
	НРК + навоз	82	153	53	258	197	447	293	586	156	371
Пашня	Контроль	83	100	46	100	94	100	100	100	81	100
	РК	100	120	52	113	116	124	133	133	100	123
	НРК	98	119	62	136	134	195	309	309	163	201
	НРК + навоз	101	122	74	161	250	267	360	360	196	242
	НСР ₀₅	26	—	18	—	40	—	70	—	—	—

годам в почве освоенной залежи, поскольку и она при перепашке получила дополнительное количество негумифицированного растительного материала в виде остатков дернины многолетних трав, произраставших на участке до его освоения. В пахотной почве не было такого источника поступления свежего органического вещества, поэтому в ней влияние навоза на содержание водно-растворимого органического вещества проявилось в наибольшей степени. Следовательно, вновь освоенные целинные и залежные почвы в первые годы их использования хорошо обеспечены подвижным органическим веществом, что необходимо учитывать при оценке биологической активности этих почв и эффективности на них органических и минеральных удобрений, в частности азотных, действие которых в большей степени зависит от сочетания процессов мобилизации и иммобилизации азота в почве.

Критерием плодородия и окультуренности почв является урожай сельскохозяйственных культур. Изменение содержания и состава гумуса в почвах при окультуривании отражается на их производительности, с чем связана разная эффективность органических и минеральных удобрений на почвах разной степени окультуренности. Об этом свидетельствуют результаты учетов урожая зеленой массы однолетних трав (табл. 6). Вегетационные периоды 1972 и 1973 гг., как уже говорилось, отличались экстремальными условиями — высокой температурой и засушливостью. Недостаток влаги в почве вызвал угнетение растений во всех вариантах опыта и обусловил относительно невысокую эффективность органических и минеральных удобрений. Тем не менее степень окультуренности почвы проявилась достаточно отчетливо, особенно в вариантах без внесения удобрений. В благоприятные по увлажнению годы была наиболее резко выражена разница в плодородии разных участков. Урожай растений на контроле и в вариантах с внесением фосфор-

ного и калийного удобрений, действие которых во все годы было невысоким, свидетельствуют о значительных различиях в плодородии целинного, залежного и старопахотного участков. В этих вариантах продуктивность растений по годам на освоенной залежи и на пашне почти не изменялась, что говорит о невысокой окультуривающей роли фосфорно-калийных удобрений.

Из минеральных удобрений наибольшую эффективность проявила аммиачная селитра, внесение которой увеличивало урожай растений по сравнению с фоном в 2—2,5 раза. При совместном же внесении азота и навоза продуктивность однолетних трав была самой высокой. Эффективность аммиачной селитры и навоза была неодинаковой на разных по степени окультуренности почвах. Если рассматривать данные урожаев, выраженные в процентах к контролю, то окажется, что эффективность полного удобрения на вновь освоенной целинной почве была значительно выше по сравнению с залежной и тем более старопахотной почвами. Так, по средним данным полное удобрение на целине увеличило урожай в 5,5 раза, в то время как на залежи только в 3,7 раза, а на старопахотной почве — в 2,4 раза. Такие различия обусловлены неодинаковым плодородием почв и разным уровнем урожайности растений в контрольных вариантах. Но и при сравнении абсолютных прибавок (*ц/га*), полученных при внесении полного удобрения, явно видна его высокая эффективность на слабоокультуренной и вновь освоенной почвах. По средним данным за 4 года прибавка урожая от внесения *НРК* + навоз на целине (100 *ц/га*) почти не уступала прибавкам, полученным в таких же вариантах на залежной (114 *ц/га*) и старопахотной (115 *ц/га*) почвах.

Таким образом, важнейшим условием интенсивного окультуривания вновь освоенных и слабоокультуренных почв является ежегодное внесение высоких доз органических удобрений в сочетании с полным минеральным удобрением.

Выводы

1. Разные микроорганизмы неодинаково отражают степень окультуренности почвы. Численность грибов, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, а также олигонитрофилов мало различалась на разных по окультуренности участках, но очень резко возрастала при внесении органических удобрений. Актиномицеты, целлюлозоразлагающие и в особенности споровые бактерии и клостридиум наиболее четко отражают состояние плодородия почв. Из трех изучающихся ферментов в этом отношении выделяется сахараза, активность которой также очень четко согласуется со степенью окультуренности почвы.

2. Внесение органических удобрений способствует накоплению гуминовых кислот и стабилизирует в ней содержание фульвокислот. В вариантах без внесения навоза содержание гуминовых кислот также постепенно возрастает, но в значительно меньших размерах, а содержание фульвокислот снижается. Содержание водно-растворимого органического вещества на протяжении опыта (в течение 4 лет) снижалось, что связано с развитием процессов минерализации в благоприятных условиях полевого опыта. Вновь освоенные целинные почвы хорошо обеспечены подвижными формами органического вещества благодаря большому количеству негумифицированного растительного материала, оставшегося в почве после ее освоения.

3. Продуктивность сельскохозяйственных культур определялась степенью окультуренности почвы, внесением удобрений и метеорологическими условиями вегетационных периодов.

Литература

1. Бельчикова Н. П. Органическое вещество почв разной степени окультуренности, Агрехимия, 1965, № 12.
2. Егоров В. Е., Лыков А. М. Изменение органического вещества дерново-подзолистой почвы после 50-летнего освоения. Почвоведение, 1963, № 10.
3. Завалишин А. А., Надеждин Б. В. К вопросу о преобразовании лесных подзолистых почв под влиянием культуры. Почвоведение, 1952, № 11.
4. Кононова М. М., Панкова Н. А., Бельчикова Н. П. Изменение в содержании и составе органического вещества при окультуривании почв. Почвоведение, 1949, № 1.
5. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методика и некоторые результаты изучения фракционирования гумуса черноземов. Почвоведение, 1968, № 11.
6. Растениеводство на Кольском полуострове. Мурманск, 1976.
7. Ройзин М. Б. Сезонная динамика микроорганизмов подзолистых, горно-подзолистых и горно-тундровых почв. В сб.: Почвенные режимы на Полярном Севере. «Наука», 1969.
8. Рыбалкина А. В. Микрофлора тундровых, подзолистых и черноземных почв. В сб.: Микрофлора почв Европейской части СССР. Изд. АН СССР, 1957.

Полярно-альпийский
ботанический сад-институт Кольского филиала АН СССР

Дата поступления
9.III.1977 г.