

УДК 631.46: [631.81+631.582

ДЕЙСТВИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И СЕВООБОРОТА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. М. ЛЫКОВ, В. Т. ЕМЦЕВ, А. Ф. САФОНОВ, А. А. АЛЬ-ШУРАЙ
(Кафедра земледелия и методики опытного дела и кафедра микробиологии)

Удобрения и севооборот, как известно [6, 8, 9, 11—13], положительно воздействуют на физические, химические, физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы, а также на деятельность почвенной биоты. В свою очередь, биологическая активность почвы в значительной мере определяет уровень ее плодородия [2, 4, 5, 13]. Наличие такой взаимосвязи свидетельствует о перспективности исследований биологической активности почвы с целью прогнозирования воспроизводства почвенного плодородия.

В задачу наших исследований входило изучить действие длительного применения удобрений и севооборота на количественный и качественный состав микрофлоры, ферментативную активность почвы и продуктивность озимой ржи и ячменя.

Методика

Исследования проводили в 1981—1982 гг. в длительном опыте Тимирязевской академии, заложенном в 1912 г. Почва участка дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая. При определении численности микроорганизмов и ферментативной активности образцы почвы отбирали из слоя 0—20 см в фазах кущения (1-й срок определения), колошения (2-й) и во время уборки зерновых культур (3-й) в бессменном пару, бессменных посевах озимой ржи и ячменя и в севообороте пар — озимая рожь — картофель — ячмень с подсевом клевера — клевер — лен.

Варианты удобрения были следующие: без удобрений (0), NPK, NPK+навоз, NPK+навоз+известь. Нормы удобрений — 100N150P120K и 20 т навоза на 1 га. Известь вносили по полной гидrolитической кислотности.

Количественный и качественный состав почвенной микрофлоры определяли по общепринятой методике на плотных питательных средах. Бактерии, использующие органический азот почвы, учитывали на

МПА; использующие минеральные формы азота — на КАА; микроскопические грибы — на подкисленном сусло-агаре — СА. Идентификацию микроорганизмов проводили по морфологическим признакам.

Активность почвенных ферментов каталазы, инвертазы, полифенолоксидазы, пероксидазы определяли в 1 г свежей воздушно-сухой почвы, очищенной от растительных остатков и камней, по А. Ш. Галстяну [3]. Активность каталазы рассчитывали по объему O_2 , выделившегося за 1 мин; инвертазы — по массе глюкозы, образовавшейся за 24 ч, полифенолоксидазы и пероксидазы — по массе пурпургаллина, образовавшегося в результате окисления пирогаллола.

Вегетационный период 1981 г. характеризовался повышенными температурами и недостатком осадков в мае, июне и начале июля. Вегетационный период 1982 г. был прохладным и умеренно влажным, однако в начале июля наблюдалось избыточное выпадение осадков.

Результаты исследований и их обсуждение

В основе трансформации органического вещества почвы лежит деятельность почвенной биоты, среди которой микроорганизмам принадлежит ведущая роль. Численность микрофлоры обусловлена как экологическими факторами, так и вносимыми удобрениями и характером использования почвы (табл. 1).

Общая численность микроорганизмов во всех вариантах опыта заметно увеличивалась к концу вегетации, что находилось в соответствии с ходом изменения температуры и влажности почвы.

В почве бессменного пара, длительное время неудобрявшейся, существенно снизилась численность микрофлоры, учитываемой на МПА и КАА. Это связано с уменьшением содержания органического вещества в пахующей почве и изменением его качественного состояния. По-

Общая численность микроорганизмов (тыс. в 1 г почвы) в среднем за 1981—1982 гг.

Вариант удобрения	Срок определения	Пар	Оз. рожь		Ячмень	
			бессменно	севооборот	бессменно	севооборот
0	1	190	736	998	741	1335
	2	179	1009	727	981	2235
	3	325	1116	2055	885	1125
	Среднее	231	954	1260	869	1565
NPK	1	390	863	1515	1042	1903
	2	227	1249	1107	1644	1627
	3	980	1977	2098	766	1489
	Среднее	532	1363	1573	1151	1673
NPK + навоз	1	594	1505	1150	1555	1093
	2	806	1683	1514	2457	2682
	3	1111	2762	3029	1992	2649
	Среднее	837	1984	1901	2001	2141
NPK + навоз + + известь	1	957	1635	1547	2044	1940
	2	2129	2394	1424	3426	2349
	3	2672	3369	3880	3170	2620
	Среднее	1920	2466	2284	2870	2303

следнее выражается в снижении содержания лабильной фракции и усложнении строения молекул гумусовых веществ вследствие гидролиза боковых цепей. Такое органическое вещество становится менее доступным для разложения микроорганизмами [9].

Под зерновыми культурами в варианте без внесения удобрений поддерживается более высокий уровень микробиологической активности почвы, чем в бессменном пару. Это обусловлено ежегодным поступлением в почву растительных остатков и корневых выделений, которые служат источниками энергии для микрофлоры.

Применение минеральных удобрений сопровождалось некоторым повышением численности микроорганизмов как в пару, так и под полевыми культурами. В пару это обусловлено в основном ростом количества микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, а под полевыми культурами, кроме того, — ростом численности других физиологических групп вследствие более мощного развития растений и соответствующего увеличения количества растительных остатков и корневых выделений [15].

Совместное внесение минеральных удобрений и навоза способствовало дальнейшему росту численности микрофлоры. Однако наибольший эффект от действия этого сочетания удобрений был получен на фоне известкования, особенно в бессменном пару. Так, если в варианте без извести в среднем за вегетацию прирост численности микроорганизмов составил около 60 %, то после известкования он был почти в 4,5 раза больше ($pH_{\text{сол}}$ в этих вариантах соответственно 4,2—4,3 и 5,8—5,9). Это свидетельствует о значительном влиянии кислотности почвы на ее микробиологическую активность.

Таким образом, совместное применение минеральных удобрений, навоза и извести позволило значительно повысить общую численность почвенных микроорганизмов в бессменном пару и приблизить ее к уровню, характерному для почв под зерновыми культурами.

Положительное влияние севооборота на количественный состав микроорганизмов проявлялось в вариантах без удобрений и при внесении NPK. Следует отметить, что в этих вариантах в весенний период, когда формируются основные элементы урожая растений, микробиологическая активность почвы была более высокой, чем при бессменном возделывании зерновых культур. Это можно объяснить тем, что в севообороте больше масса и разнообразнее качественный состав растительных остатков и корневых выделений, чем в бессменных посевах.

Применение навоза сглаживает положительное действие севообо-

рота на микрофлору почвы, поскольку он устраняет дефицит органического вещества и выравнивает его разнокачественность. Следовательно, регуляторную функцию биологической активности почвы в этом случае принимает на себя навоз.

Между озимой рожью и ячменем по их действию на общую численность микроорганизмов существенных различий не обнаружено.

Микробиологические анализы на различных средах позволили установить, что численность и соотношение сапрофитных бактерий и микро-

Таблица 2

Численность микроорганизмов (тыс. в 1 г почвы), учитываемых на МПА и КАА. В среднем за 2 года

Вариант	На МПА			На КАА			МПА:КАА, %
	всего	в т. ч. Bacillus		всего	в т. ч. актиномицетов		
		клеток	%		клеток	%	
Без удобрений							
Бессменный пар	104	39	37	123	59	48	84
Оз. рожь:							
бессменно	225	53	24	726	137	19	31
севооборот	374	47	13	882	90	10	42
Ячмень:							
бессменно	292	32	11	574	56	10	51
севооборот	677	72	11	886	110	12	76
NPK							
Бессменный пар	223	46	21	304	44	14	73
Оз. рожь:							
бессменно	374	79	21	987	149	15	38
севооборот	378	54	14	1192	146	12	32
Ячмень:							
бессменно	411	92	22	738	95	13	56
севооборот	621	78	13	1051	169	16	59
NPK + навоз							
Бессменный пар	331	37	11	503	68	13	66
Оз. рожь:							
бессменно	424	78	18	1157	153	10	27
севооборот	444	80	18	1453	182	12	31
Ячмень:							
бессменно	596	80	13	1403	183	13	42
севооборот	890	106	12	1250	162	13	71
NPK + навоз + известь							
Бессменный пар	603	78	13	1316	201	15	46
Оз. рожь:							
бессменно	595	76	13	1870	234	12	32
севооборот	596	68	11	1685	209	12	35
Ячмень:							
бессменно	630	59	9	2238	303	13	28
севооборот	844	104	12	1458	231	16	58

организмов, использующих минеральные формы азота, зависят от вида удобрений, культуры и способов ее возделывания (табл. 2). Так, в почве бессменного пара, длительное время не получавшей удобрений, численность микрофлоры, учитываемой на МПА и КАА, была почти одинаковой. Однако под растениями преобладали микроорганизмы, развивающиеся на КАА. Соотношение этих двух групп микроорганизмов под озимой рожью оказалось больше, чем под ячменем.

Удобрения стимулировали рост численности микрофлоры, учитываемой как на МПА, так и на КАА, однако темпы прироста были выше у микроорганизмов, использующих минеральные формы азота.

Бессменное возделывание зерновых культур приводило к угнетению роста сапрофитных бактерий только в варианте без удобрений. При внесении минеральных удобрений численность этой группы микроорганизмов по обоим способам возделывания озимой ржи выравнивалась, а под ячменем некоторое преимущество оставалось за севооборотом.

Важную роль на более поздних этапах разложения органических остатков играют бациллы и актиномицеты. Их численность в почве бессменного пара на делянках без удобрений и с NPK была значительно меньше, чем под растениями, что связано с отсутствием притока органического вещества в парующей почве. Однако и внесение на-

Таблица 3

Численность грибов, учитываемых на СА (тыс. в 1 г почвы).
В среднем за 1981—1982 гг.

Вариант удобрения	Срок определения	Пар	Оз. рожь		Ячмень	
			бессменно	севооборот	бессменно	севооборот
0	1	5,1	3,7	7,4	5,1	3,1
	2	2,6	2,0	2,7	0,9	2,4
	3	4,1	1,3	1,7	1,0	1,1
NPK	Среднее	3,9	2,2	3,9	2,3	2,2
	1	6,6	1,3	6,1	2,2	1,8
	2	5,3	1,5	3,4	2,8	1,0
	3	5,2	2,6	1,3	0,7	0,7
NPK + навоз	Среднее	5,7	1,8	3,6	1,9	1,2
	1	3,9	1,6	6,8	1,0	2,6
	2	4,7	2,0	2,5	2,8	1,7
	3	2,6	1,9	1,5	1,5	0,6
NPK + навоз + + известь	Среднее	3,7	1,8	3,6	1,8	1,6
	1	2,2	1,2	4,1	1,6	1,4
	2	3,4	0,9	1,4	0,8	1,8
	3	1,4	1,6	1,5	0,6	0,6
	Среднее	2,3	1,2	2,3	1,0	1,3

воза не способствовало росту этой группы микроорганизмов. Только совместное применение минеральных удобрений, навоза и извести активизировало рост бацилл и актиномицетов в бессменном пару.

Изменение количества бацилл под зерновыми культурами в вариантах с удобрениями было незначительным, а прирост численности актиномицетов наблюдался только на известкованных делянках.

Таким образом, бациллы и актиномицеты более требовательны к реакции почвенного раствора и наличию органического вещества.

Максимальное количество грибов, учитываемых на СА, было обнаружено в большинстве случаев в весенний период; к концу вегетации оно значительно снижалось (табл. 3). Это свидетельствует о существовании отрицательной зависимости между общей численностью микроорганизмов и наличием грибов в почве.

При длительном применении минеральных удобрений в бессменном пару численность грибов возрастала, а под полевыми культурами оставалась на том же уровне или на несколько более низком, чем в вариантах без удобрений.

Внесение навоза приводило к снижению в почве численности грибов, особенно заметному на фоне известкования.

В почве под озимой рожью, возделываемой бессменно, в начале и середине вегетации количество грибов по всем вариантам удобрения было меньше, чем в севообороте, и выравнивалось к концу вегетационного периода. В то же время под ячменем в том и другом случае она различалась мало.

Действие длительного применения удобрений и севооборота на микрофлору определило изменения ферментативной активности почвы.

Активность каталазы в течение 2 лет к концу вегетации несколько снижается (табл. 4), что, вероятно, связано с уменьшением количества лабильного органического вещества в это время и, вероятно, с перестройкой биохимических процессов, участвующих в трансформации гумусовых веществ.

Каталазная активность парующей почвы была значительно ниже, чем под растениями. Достоверное увеличение активности изучаемого фермента (и соответственно численности микроорганизмов) в бессменном пару отмечено только в варианте совместного внесения минеральных удобрений, навоза и извести.

Таблица 4

Активность каталазы и инвертазы почвы. В среднем за 1981—1982 гг.

Срок определения	Каталаза, см ³ O ₂ за 1 мин					Инвертаза, мл глюкозы за 24 ч				
	пар	оз. рожь		ячмень		пар	оз. рожь		ячмень	
		бс	с	бс	с		бс	с	бс	с
Без удобрений										
1	0,49	0,88	0,59	0,68	0,54	2,63	2,52	2,83	2,99	2,41
2	0,38	0,99	0,76	0,68	0,65	2,14	3,22	2,84	3,92	3,02
3	0,20	0,77	0,45	0,62	0,54	2,31	3,06	2,31	2,82	1,77
Среднее	0,36	0,88	0,60	0,66	0,58	2,36	2,93	2,66	3,24	2,40
NPK										
1	0,40	0,81	0,70	0,52	0,63	2,13	2,90	2,63	2,66	2,87
2	0,43	0,81	0,75	0,61	0,67	2,85	3,08	3,01	3,39	3,19
3	0,27	0,57	0,55	0,49	0,47	2,48	2,34	2,11	2,70	1,81
Среднее	0,37	0,73	0,67	0,54	0,59	2,49	2,77	2,58	2,92	2,62
NPK + навоз										
1	0,51	0,90	0,63	0,58	0,66	2,51	2,40	2,67	2,66	2,92
2	0,48	0,92	0,73	0,73	0,71	2,88	3,27	3,07	3,92	3,39
3	0,29	0,74	0,52	0,46	0,66	2,15	2,45	2,57	2,32	2,34
Среднее	0,43	0,85	0,63	0,59	0,68	2,51	2,71	2,77	2,97	2,88
NPK + навоз + известь										
1	0,68	0,95	0,73	0,53	0,61	2,62	2,60	2,63	2,57	3,35
2	0,64	1,09	0,76	0,69	0,65	3,08	3,47	4,31	3,38	3,32
3	0,44	0,78	0,55	0,49	0,56	2,84	2,40	3,15	2,34	1,30
Среднее	0,59	0,94	0,68	0,57	0,61	2,85	2,82	3,36	2,76	2,66

Примечание. Здесь и в табл. 5 бс — бессменно, с — севооборот.

При бессменном выращивании озимой ржи каталазная активность почвы была выше, чем в севообороте. Однако способ выращивания не оказывал существенного влияния на активность каталазы под ячменем. Следовательно, действие зерновых культур на этот показатель было различным.

Удобрения не оказывали заметного влияния на каталазную активность почвы под растениями.

Наибольшая активность инвертазы наблюдалась в середине вегетации, что, по-видимому, находится в прямой связи с повышением интенсивности минерализации органического вещества в это время.

Положительное действие удобрений проявлялось только в бессменном пару, где по мере повышения общей биогенности почвы повышалась инвертазная активность, и на известкованных делянках, удобренных NPK и навозом, она приближалась к уровню активности инвертазы под растениями.

При бессменном возделывании зерновых культур в вариантах без удобрений и при внесении NPK инвертазная активность почвы была несколько выше, чем в севообороте. Это связано, видимо, с нарушени-

ем биохимических циклов, так как применение навоза устраняло различия почв под бессменной культурой и в севообороте по активности фермента, катализирующего гидролитическое расщепление углеводов.

Участие фермента полифенолоксидазы в процессах трансформации органического вещества свидетельствует о его большой роли в воспроизводстве почвенного плодородия. По мнению некоторых исследователей [1, 15], полифенолоксидаза участвует в синтезе гумусовых веществ.

К середине вегетации зерновых культур полифенолоксидазная активность почвы уменьшается, а к концу — возрастает (табл. 5). Сле-

Т а б л и ц а 5

Активность полифенолоксидазы и пероксидазы почвы (мг пурпургаллина на 1 г почвы).
В среднем за 1981—1982 гг.

Сроки определения	Полифенолоксидаза					Пероксидаза				
	пар	оз. рожь		ячмень		пар	оз. рожь		ячмень	
		бс	с	бс	с		бс	с	бс	с
Без удобрений										
1	0,50	0,67	0,79	0,54	0,76	1,41	1,40	1,26	1,51	1,43
2	0,28	0,45	0,60	0,47	0,48	2,38	2,69	2,84	2,39	2,14
3	0,41	0,63	0,79	0,58	0,69	2,17	2,86	2,93	2,85	2,78
Среднее	0,40	0,58	0,73	0,53	0,64	1,99	2,32	2,34	2,25	2,12
NPK										
1	0,64	0,72	0,53	0,52	0,71	1,38	1,40	1,30	1,26	1,40
2	0,38	0,51	0,38	0,34	0,48	2,43	2,13	2,62	2,72	2,19
3	0,55	0,75	0,85	0,60	0,68	2,23	2,98	3,26	2,98	2,70
Среднее	0,52	0,66	0,59	0,49	0,62	2,01	2,17	2,39	2,32	2,10
NPK + навоз										
1	0,47	0,77	0,45	0,63	0,69	1,57	1,52	1,38	1,20	1,28
2	0,49	0,47	0,36	0,55	0,45	2,45	2,27	2,12	2,70	2,26
3	0,58	0,63	0,80	0,63	0,69	2,50	2,49	2,89	2,90	3,15
Среднее	0,51	0,62	0,54	0,60	0,61	2,17	2,09	2,13	2,27	2,23
NPK + навоз + известь										
1	0,62	0,85	0,76	0,69	0,74	1,30	1,31	1,32	1,11	1,42
2	0,55	0,55	0,56	0,43	0,49	2,48	2,17	2,90	2,95	2,92
3	0,67	0,77	0,82	0,70	0,77	2,38	2,71	2,67	2,89	2,97
Среднее	0,61	0,72	0,71	0,61	0,67	2,05	2,06	2,30	2,32	2,44

довательно, можно предполагать, что к середине вегетации усиливается минерализация и снижается гумификация органического вещества по сравнению с весенним и осенним периодами.

В почве бессменного пара активность полифенолоксидазы была меньше, чем под растениями. Применение удобрений способствовало ее повышению, особенно на известкованных делянках. Подобным образом в опытах [9] изменялось и содержание органического вещества в почве.

Влияние удобрений на активность полифенолоксидазы почвы под растениями было менее заметным, что, вероятно, связано с постоянным притоком органического вещества в виде корневых выделений и растительных остатков, которые служили субстратом и источником ферментов.

Севооборот повышал полифенолоксидазную активность почвы под озимой рожью в варианте без удобрений, а под ячменем — без удобрений и с NPK. Внесение навоза элиминировало действие севооборота, что свидетельствует об огромной регуляторной роли органического вещества в биохимических процессах, происходящих в почве.

Мнения о роли пероксидазы в трансформации органического вещества почвы противоречивы. Одни авторы [7] считают, что она участвует в синтезе гумусовых веществ, другие [1, 10] — в их разложении.

В наших исследованиях активность пероксидазы почвы повышалась к фазе колошения зерновых культур и оставалась на этом же уровне или несколько повышалась к концу вегетации (табл. 5). Это свидетельствует о наличии положительной взаимосвязи между активностью пероксидазы и общей биогенностью почвы, а также указывает на микробиологическое происхождение значительного количества фермента. Кроме того, период наибольшей активности пероксидазы совпадает с периодом наименьшей активности полифенолоксидазы, что ука-

Т а б л и ц а 6

Урожайность зерновых культур (ц/га). В среднем за 1973—1982 гг.

Вариант удобрения	Оз. рожь		Ячмень	
	бс	с	бс	с
0	9,7	29,0	7,9	12,1
NPK	22,9	31,0	27,1	22,0
NPK + навоз	24,0	35,7	29,9	31,2
NPK + навоз + известь	22,1	31,6	30,2	34,4
HCP ₀₅	5,4		5,0	

зывает на их участие в различных биохимических превращениях гумусовых веществ, причем максимумы активности этих ферментов приходятся на разные интервалы pH почвенного раствора.

По активности пероксидазы почва удобренных делянок мало отличалась от неудобренных.

Действие севооборота на пероксидазную активность проявлялось слабо. Некоторое ее увеличение в севообороте под озимой рожью отмечалось в середине и конце вегетации. Вероятно, в это время усиливается минерализация органического вещества.

Соотношение активностей полифенолоксидазы и пероксидазы в бессменном пару и бессменных посевах озимой ржи и ячменя увеличивается при внесении удобрений. В севообороте такой четкой зависимости не выявлено. По-видимому, в бессменных посевах зерновых культур создаются более благоприятные условия для гумификации органического вещества, а в севообороте — для его минерализации. Это полностью согласуется с содержанием гумуса в почве данных вариантов [9].

Таким образом, длительное применение удобрений и севооборота оказывает неодинаковое действие на показатели биологической активности почвы в пару и под зерновыми культурами. Так, если в бессменном пару удобрения в основном повышали численность микрофлоры и ферментативную активность, то под растениями влияние на данные показатели было более сложным. Подобным было и действие севооборота.

Удобрения и севооборот влияли и на урожайность зерновых культур (табл. 6). При внесении минеральных удобрений урожайность озимой ржи в бессменном посеве увеличилась более чем в 2, а ячменя — в 3 раза. Внесение навоза на минеральном фоне оказалось здесь малоэффективным.

Отмечено незначительное действие удобрений на продуктивность озимой ржи в севообороте и существенное — на урожайность ячменя. Вместе с тем положительное влияние севооборота в большей мере сказалось на урожайности озимой ржи.

Урожайность ячменя при бессменном возделывании была во всех вариантах с удобрениями выше, чем озимой пшеницы. Разная реакция этих зерновых культур на бессменное возделывание объясняется не только различиями в уровне биологической активности почвы, но и

лучшим ее фитосанитарным состоянием под ячменем в связи с большей продолжительностью периода, в течение которого почва при посевах данной культуры бывает свободной от растений.

Выводы

1. Общая численность микроорганизмов (бактерий и актиномицетов) в почве при длительном применении удобрений увеличилась, а грибов — уменьшилась. Количество бацилл и актиномицетов достоверно повысилось только на фоне известкования.

2. Положительное действие севооборота на численность микрофлоры почвы проявилось в вариантах без удобрения и с NPK. Применение навоза элиминировало действие севооборота.

3. Ферментативная активность почвы в пару была значительно ниже, чем под растениями. Под влиянием удобрений она заметно повышалась в парующей почве и практически не изменялась под растениями.

4. Активность каталазы, инвертазы, пероксидазы увеличивалась к середине и уменьшалась к концу вегетации. Активность полифенолоксидазы, наоборот, понижалась к середине и повышалась к концу вегетационного периода.

5. Каталазная активность под озимой рожью, выращиваемой бесменно, была выше, чем в севообороте, а под ячменем мало зависела от способа возделывания. Активность инвертазы в бессменных посевах на фоне без удобрений и NPK оказалась несколько больше, чем в севообороте. Активность ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы мало изменялась в зависимости от способа возделывания озимой ржи и ячменя.

6. Внесение удобрений способствовало повышению урожайности зерновых культур в бессменных посевах, а в севообороте существенные прибавки от удобрений получены только при выращивании ячменя. Озимая рожь сильнее, чем ячмень, реагировала на севооборот во всех вариантах удобрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрономическая микробиология. Л.: Колос, 1976. — 2. Галстян А. Ш. К оценке биологической активности почв. — Тез. докл. V делегатского съезда всесоюз. общ-ва почвоведов. Минск: 1977, вып. 2, с. 201—202. — 3. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв. Ереван, 1978. — 4. Гомонова Н. Биологическая продуктивность дерново-подзолистых почв в зависимости от минеральных удобрений и известки. — Биол. продуктивность почв и ее увеличение в интересах нар. хоз-ва. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 18—20 дек. 1979 г. М.: Изд-во МГУ, 1979, с. 35—36. — 5. Звягинцев Д. Г. Биология почв и их диагностика. — Проблемы и методы биол. диагностики и индикации почв. М.: Наука, 1976, с. 175—189. — 6. Кахаткина М. Сохранение гумуса и улучшение его качественного состава в пахотных почвах юга Томской области. — Проблемы охраны природы Зап. Сибири. Томск, 1980, с. 23—30. — 7. Кононова М. М., Александрова И. В. Фенольные соединения и их роль в образовании гумуса. — В кн.: Фенольные соединения и их биол. функции. М.: Наука, 1968, с. 302—310. — 8. Кулаковская Т., Детковская Л. Роль удобрений в повышении биологической продуктивности пахотных дерново-подзолистых почв. — Биол. продуктивность почв и ее увеличение в интересах нар. хоз-ва. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 18—20 декабря 1979 г. М.: Изд-во МГУ, 1979, с. 84. — 9. Лыков А. М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1982. — 10. Мишустин Е. Н., Никитин Д. И. Атакуемость гумусовых кислот почвенной микрофлорой. — Микробиология, 1961, т. 30, вып. 5, с. 841—848. — 11. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. — 12. Мишустин Е. Н. Микробные ассоциации почвенных типов. — Проблемы и методы биол. диагностики и индикации почв. М.: Наука, 1976, с. 19—41. — 13. Рыс О. О., Сирп Л. К., Мурдам Л. А. Годовая биодинамика дерново-карбонатной почвы и связи между ее биотой, ферментативной активностью и агрохимическими свойствами. — Тез. докл. V делегатского съезда всесоюз. общ-ва почвоведов. Минск: 1977, вып. 2, с. 213—214. — 14. Самцевич С. Корневые выделения растений и их значение. Микробиологические процессы в почвах и урожайность с.-х. культур. Вильнюс; 1978, с. 301—303. — 15. Стефанькина Л., Карягина Л. Использование комплекса биологических показателей для оценки плодородия дерново-подзолистых почв. — Почвоведение и агрохимия. Минск; 1982, вып. 18, с. 49—55.

Статья поступила 11 апреля 1983 г.

SUMMARY

Microorganisms population and enzyme activity of catalase, invertase, polyphenol oxydase and peroxidase were studied in a prolonged experiment in the Timiryazev Academy in 1981 and 1982.

Fertilization of perpetual fallow contributed to increasing the population of microorganisms and enzyme activity of the soil, this influence being more complex with fertilization of crop stands. Crop rotation improved the indices mentioned.

Fertilization contributed to higher yielding capacity of cereals in monocultural croppings, and in case of crop rotation only yielding capacity of barley was higher. Winter rye responded to crop rotation better than barley in all variants of fertilization.