

УДК 631.46:631.445.24:[631.582+631.81

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И СЕВОБОРОТА

А. М. ЛЫКОВ, А. Ф. САФОНОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Почвенное плодородие, как известно, формируется благодаря взаимодействию органо-минеральной части и населяющих почву организмов. Повышение почвенного плодородия в большой мере определяется активизацией биологических процессов и поддержанием их на определенном уровне длительное время в течение вегетации. Имеются многочисленные данные [3, 5, 8, 10], свидетельствующие о влиянии отдельных земледельческих приемов на биологическую активность почвы, о которой судят по одному или нескольким показателям: численности микроорганизмов, ферментативной активности, целлюлозоразлагающей и нитрифицирующей способности, дыханию и др.

Однако для установления связей между отдельными показателями биологических процессов интенсивно используемой почвы, общим уровнем плодородия и урожайностью сельскохозяйственных культур необходимы комплексные исследования. Они позволят выявить не только направленность, но и количественные изменения в интенсивности почвенных процессов под действием агротехнических факторов, дадут материал для разработки моделей плодородия и его воспроизводства.

Целью нашей работы явилось изучение действия длительного применения удобрений, бессменных посевов и севооборота на комплекс биологических показателей плодородия почвы и урожайность зерновых культур. Значимость данных исследований обуславливается длительностью применения строго учитываемых объемов факторов воспроизводства плодородия почвы, а отсюда и устойчивостью сложившихся биологических процессов.

Методика

Исследования проводили в 1981—1983 гг. в длительном опыте Тимирязевской академии, заложенном в 1912 г. Почва участка дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая. Для определения биологических показателей плодородия образцы почвы отбирали из слоя 0—20 см в фазы кущения (1-й срок определения), колошения (2-й) и перед уборкой (3-й) зерновых культур в бессменном пару, в бессменных посевах озимой ржи и ячменя и севообороте: пар — озимая рожь — картофель — ячмень с подсевом клевера — клевер — лен. Почвенные образцы в бессменном пару и под озимой рожью брали одновременно.

Варианты удобрения следующие: без удобрений (0); NPK; NPK+навоз; NPK++навоз+известь. Нормы удобрений — 100N150P120K и 20 т навоза на 1 га. Известь вносили по полной гидролитической 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 [4]. Активность каталазы рассчитывали по объему кислорода, выделившегося за 1 мин; инвертазы — по массе глюкозы, образовавшейся за 24 ч; полифенолоксидазы и пероксидазы — по массе пурпургаллина, образовавшегося в результате окисления пирагаллола.

Нитрифицирующую способность почвы определяли методом Кравкова [по 1], дыхание — на приборе Варбурга [6], водорастворимые фенольные соединения — с реактивом Фолина — Денниса [по 2], общий углерод — по Тюрину, общий азот —

по Кьельдалю, подвижные формы фосфора и калия — по Кирсанову, рН — на потенциометре. Урожай учитывали сплошным методом. При обработке полученных данных использовали дисперсионный анализ.

Результаты исследований и их обсуждение

Длительное применение удобрений и различных способов использования почвы привели к существенному изменению ее плодородия (табл. 1). Так, в пару без внесения удобрений содержание органического вещества резко сократилось, повысилась кислотность почвы. Внесение минеральных удобрений несколько сдерживало разложение гумуса и повышало содержание подвижных форм фосфора и калия. Положительный эффект от совместного применения минеральных удобрений и навоза по воспроизводству гумуса был более существенным на фоне известкования. Однако такой же уровень содержания органического вещества в почве обеспечивало возделывание зерновых культур в бессменном посевах и в севообороте без применения удобрений. Отсюда следует, что парование дерново-подзолистой почвы приводит к потере значительного количества гумуса даже при внесении удобрений.

Бессменное возделывание озимой ржи и ячменя на неудобряемой почве оказывало почти одинаковое действие на агрохимические показатели плодородия почвы. Однако при внесении удобрений роль зерновых культур в воспроизводстве органического вещества была различной. В этих условиях под озимой рожью органического вещества содержалось больше, чем под ячменем, что объясняется большей массой поступающих в почву пожнивных и корневых остатков озимой ржи.

В севообороте прирост гумуса от совместного применения минеральных удобрений и навоза был несколько меньше, чем в бессменных зерновых посевах. Эти различия обусловлены тем, что в севообороте имеются парующее и пропашное поля, процессы минерализации гумуса в которых выражены сильнее, чем под культурами сплошного сева. Кроме того, количество и качество растительных остатков, поступаю-

Т а б л и ц а 1
Агрохимическая характеристика почвы длительного опыта. 1982 г.

Удобрения	C _{общ.} %	N _{общ.} %	рН _{сол.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/100 г	
Бессменный пар					
0	0,28	0,03	3,9	8,6	9,3
NPK	0,47	0,05	3,7	32,5	23,0
NPK + навоз	0,57	0,06	4,3	38,6	30,3
NPK + навоз + известь	0,84	0,07	5,9	71,2	33,7
Бессменная рожь					
0	0,76	0,10	4,4	4,2	2,5
NPK	0,96	0,10	4,5	34,8	23,0
NPK + навоз	1,30	0,11	5,3	14,7	21,5
NPK + навоз + известь	1,34	0,12	6,1	25,9	19,3
Бессменный ячмень					
0	0,78	0,08	4,4	7,2	8,7
NPK	0,73	0,10	4,4	49,7	13,1
NPK + навоз	1,20	0,14	5,3	39,2	20,1
NPK + навоз + известь	1,06	0,13	6,4	65,0	23,5
Севооборот					
0	0,80	0,08	4,4	13,9	11,1
NPK	0,70	0,08	4,8	24,2	13,1
NPK + навоз	1,10	0,09	4,8	39,2	20,1
NPK + навоз + известь	1,04	0,10	5,8	39,6	19,8

Численность микроорганизмов на 1 г почвы (тыс.) и на 1 г углерода (млн.)
в среднем за вегетацию 1981—1983 гг.

Удобрения	Бессменно						Севооборот	
	пар		оз. рожь		ячмень		почва	С
	почва	С	почва	С	почва	С		
0	209	74	882	116	995	127	1424	178
NPК	464	99	1272	132	1325	182	1714	245
NPК + навоз	718	126	2047	158	1863	155	2092	190
NPК + навоз + + известь	1810	215	2361	176	2899	273	2432	234

ших в почву севооборота и бессменных посевов ржи и ячменя, а также вынос питательных веществ были различными.

Численность микрофлоры во всех вариантах опыта растет с повышением в почве содержания органического вещества и уровня рН среды (табл. 2). Причем увеличение численности микроорганизмов в вариантах NPК и NPК + навоз + известь наблюдается не только при одновременном повышении содержания органического вещества в почве и снижении ее кислотности, но и при изменении в указанных направлениях каждого из этих показателей. В варианте с NPК реакция почвенной среды почти не изменяется, а содержание гумуса повышается. В варианте NPК + навоз + известь содержание гумуса было почти таким же, как в варианте NPК + навоз, а кислотность ниже. То же можно сказать и о численности микроорганизмов, приходящихся на единицу органического вещества почвы, которая увеличивается с повышением общего уровня плодородия.

Приведенные данные свидетельствуют о большой роли органического вещества и реакции почвы в жизнедеятельности микроорганизмов. Вместе с тем они не объясняют большую обсеменяемость микроорганизмами почвы севооборота по сравнению с бессменными посевами.

На наш взгляд, опережающий рост численности микрофлоры по сравнению с повышением содержания органического вещества связан с изменением качественного состояния последнего. Так, в парующей почве органическое вещество характеризуется низким содержанием лабильной фракции и усложнением строения молекул гумусовых веществ вследствие гидролиза боковых цепей, а в севообороте — наоборот, большим содержанием лабильных фракций [7].

Ферментативная активность почвы является интегральной характеристикой функциональной деятельности почвенной биоты и потенциальной способности ее к осуществлению различных биохимических превращений экзогенных и собственных органических и минеральных соединений.

Длительное применение удобрений в бессменном пару поддерживало ферментативную активность в расчете на 1 г почвы на более высоком уровне, чем в абсолютном контроле (табл. 3). Наибольший эффект их был в варианте с органическими удобрениями.

Ферментативная активность почвы под растениями мало изменялась в зависимости от удобрений и была значительно выше, чем в бессменном пару. Последнее обусловлено тем, что в формировании ферментативного комплекса почвы наряду с микроорганизмами принимают участие растения. Способ выращивания растений не оказал существенного влияния на активность изучаемых ферментов почвы.

Ферментативная активность, рассчитанная на 1 г С почвы, снижалась с увеличением содержания гумуса во всех вариантах опыта. Так же изменялась ферментативная активность при расчете ее на 1 млн. микроорганизмов. Наибольшие колебания относительной активности ферментов наблюдались в почве бессменного пара, наименьшие — под бессменными культурами и в севообороте.

Ферментативная активность почвы в среднем за вегетацию 1981—1983 гг.

Удобрения	Способ расчета*	Бессменно			Севообо- рот	Бессменно			Севообо- рот
		пар	оз. рожь	яч- мень		пар	оз. рожь	яч- мень	
		Инвертаза, мг глюкозы за 24 ч				Каталаза, см ³ О ₂ за 1 мин			
0	1	2,6	3,2	3,5	2,9	0,4	0,9	0,6	0,6
	2	939	418	454	355	129	113	81	72
	3	12,5	3,6	3,6	2,0	1,7	1,0	0,6	0,4
НРК	1	2,7	3,0	3,3	2,9	0,4	0,7	0,5	0,6
	2	579	317	449	406	81	75	73	87
	3	5,9	2,4	2,5	1,7	0,8	0,6	0,4	0,4
НРК + навоз	1	2,8	3,0	3,3	3,1	0,4	0,8	0,6	0,6
	2	484	229	278	285	75	62	50	57
	3	3,8	1,4	1,8	1,5	0,6	0,4	0,3	0,3
НРК + навоз + + известь	1	3,2	3,2	3,1	3,5	0,6	0,9	0,6	0,6
	2	376	240	296	284	69	66	55	61
	3	1,7	1,4	1,1	1,2	0,3	0,4	0,2	0,3
		Полифенолоксидаза, мг пурпургаллина				Пероксидаза, мг пурпур- галлина			
0	1	0,4	0,6	0,5	0,7	2,0	2,3	2,3	2,3
	2	139	76	69	86	700	310	291	280
	3	1,9	0,7	0,5	0,5	9,3	2,6	2,3	1,6
НРК	1	0,5	0,6	0,5	0,6	2,0	2,2	2,1	2,3
	2	98	63	71	91	411	230	292	329
	3	1,0	0,5	0,4	0,4	4,2	1,7	1,6	1,3
НРК + навоз	1	0,5	0,6	0,6	0,6	2,2	2,1	2,2	2,4
	2	89	49	51	58	379	161	180	218
	3	0,7	0,3	0,3	0,3	3,0	1,0	1,2	1,2
НРК + навоз + + известь	1	0,6	0,8	0,6	0,8	2,2	2,1	2,3	2,4
	2	69	57	59	73	244	160	213	229
	3	0,3	0,3	0,2	0,3	1,2	0,9	0,8	1,0

* Активность фермента рассчитывали: 1 — на 1 г почвы; 2 — на 1 г С органического вещества почвы; 3 — на 1 млн. микроорганизмов.

Уменьшение относительной активности ферментов с увеличением содержания органического вещества объясняется определенным состоянием ферментативного фонда. Так, с повышением гумусированности почвы увеличивается закрепление ферментов гумусовыми веществами с помощью аминных и карбоксильных групп [9]. К таким ферментам, вероятно, не всегда могут проникнуть высокомолекулярные вещества субстрата. Наиболее активными остаются поверхностно связанные ферменты. Поэтому в почве бессменного пара с невысоким содержанием гумуса ферментативная активность, приходящаяся на 1 г С, выше, чем в почве под растениями. Наряду с различной степенью закрепления фермента гумусовыми веществами на его каталитическую способность влияет также связь с минеральным комплексом почвы, происхождение и качественное состояние органического вещества.

Нитрифицирующая способность почвы отражает ее потенциальные возможности в накоплении минерального азота. Процесс нитрификации осуществляется специфическими микроорганизмами, отличающимися высокой требовательностью к условиям существования. Это позволяет считать уровень их жизнедеятельности объективным показателем степени плодородия почвы. Длительное применение удобрений в бессменном пару явилось эффективным средством сохранения нитрифицирующей способности почвы на высоком уровне, которому соответствует и более высокое содержание органического вещества в почве (табл. 4). Однако под растениями этого не наблюдалось. Если в варианте с НРК увеличение содержания гумуса в почве приводило к росту нитрифицирующей способности почвы, то дальнейшее повышение гумусированности в вариантах с совместным применением минеральных и органических удобрений не сопровождалось увеличением способности почвы на-

Нитрифицирующая способность почвы (мг N—NO₃)
в среднем за вегетацию 1981—1983 гг.

Удобрения	Способ расчета*	Бессменно			Севооборот
		пар	оз. рожь	ячмень	
0	1	1,83	8,62	10,25	8,18
	2	0,65	1,13	1,31	1,10
	3	9	10	10	6
NPK	1	7,50	18,49	15,97	13,42
	2	1,61	1,93	2,19	1,91
	3	16	14	12	8
NPK + навоз	1	10,09	20,0	17,19	13,34
	2	1,77	1,54	1,43	1,21
	3	14	10	9	6
NPK + навоз + известь	1	12,93	20,96	14,96	12,26
	2	1,54	1,56	1,41	1,8
	3	7	9	5	5

* Нитрификацию рассчитывали: 1 — на 1 кг почвы; 2 — на 1 г углерода органического вещества почвы; 3 — на 1 млн. микроорганизмов.

капливать нитратный азот. К причинам такого явления можно отнести иммобилизацию нитратов микроорганизмами, численность которых при внесении навоза значительно увеличивается. В этом заключается одно из преимуществ более гумусированной почвы, в которой за счет усвоения минерального азота биотой снижаются его потери. Кроме того, нитрифицирующая способность почвы зависит от качества азотсодержащих соединений.

При расчете нитрифицирующей способности почвы на 1 г С и на 1 млн. микроорганизмов оказалось, что в бессменном пару она повышается при увеличении содержания углерода до 0,57 % (NPK + навоз). В бессменных посевах зерновых культур и севообороте увеличение нитрифицирующей способности почвы было отмечено во всех вариантах удобрения, но не прямо пропорционально гумусированности почвы. Резкое повышение относительной способности почвы накапливать нитратный азот наблюдалось в варианте NPK по сравнению с контролем.

Повышение содержания органического вещества в вариантах с навозом и известью привело к снижению нитрифицирующей способности в расчете на 1 г С и 1 млн. микроорганизмов. Причиной тому явилось изменение качественного состояния органического вещества почвы и увеличение численности микроорганизмов, использующих минеральные соединения азота.

Выделение углекислоты и поглощение кислорода почвой характеризует активность биологических процессов. Почва, длительное время удобрявшаяся только минеральными удобрениями, по интенсивности дыхания мало отличалась от неудобренной (табл. 5). Внесение навоза резко повышало выделение углекислоты и поглощение кислорода как в вариантах с известкованием, так и без него, что свидетельствует о положительной взаимосвязи дыхания почвы и содержания в ней гумуса.

Роль известкования в этом случае сводится к уменьшению разницы между количествами выделившегося углекислого газа и поглощенного кислорода, в результате чего дыхательный коэффициент (отношение CO₂ к O₂) в варианте совместного применения минеральных удобрений, навоза и извести приближался к единице, что соответствует наиболее благоприятному для растений протеканию почвенных процессов. В остальных вариантах он колебался от 1,4 до 1,8.

Воздействие полевых культур на процессы превращения органического вещества в почве было неодинаковым. Выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой под бессменной озимой рожью во всех изучаемых вариантах удобрения было больше, чем под ячменем.

Продуцирование CO₂ и поглощение O₂ (мкл/ч) почвой

Удобрения	Бессменно						Севооборот	
	пар		оз. рожь		ячмень		CO ₂	O ₂
	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂		
На 1 г почвы								
0	0,80	0,45	1,64	1,05	1,27	0,81	1,10	0,68
НРК	0,86	0,61	1,84	1,21	1,14	0,74	1,36	0,91
НРК + навоз	1,40	0,84	4,05	2,24	2,24	1,68	2,02	1,12
НРК + навоз + известь	2,60	1,85	2,82	2,47	2,34	2,21	2,12	1,59
На 1 г С органического вещества почвы								
0	286	161	216	138	163	104	137	85
НРК	183	130	192	126	156	101	194	130
НРК + навоз	246	147	311	172	187	140	184	102
НРК + навоз + известь	309	220	210	184	221	208	203	153

Почва севооборота отличалась от почвы бессменных посевов большей стабильностью и выравниваемостью указанных показателей.

Расчет количества выделившейся углекислоты и поглощенного кислорода на 1 г С показал, что все изучаемые факторы (удобрения и способы использования почвы) значительно влияют на интенсивность окисления гумусовых веществ до конечных продуктов. Так, варианты без удобрений по этому показателю расположились следующим образом в порядке убывания: бессменный пар, озимая рожь, ячмень и севооборот. При внесении минеральных удобрений органическое вещество почвы обладало приблизительно одинаковой способностью к окислению во всех вариантах использования почвы. При совместном применении минеральных удобрений и навоза наибольшие выделения углекислого газа и поглощение кислорода на 1 г С отмечено в почве под бессменной рожью, несколько меньше в пару. В варианте НРК + навоз + известь значение этих показателей выравнивалось под бессменными культурами и в севообороте, а в бессменном пару оно было самым высоким. Отмеченные различия в выделении углекислого газа и поглощении кислорода в расчете на 1 г С обусловлены, на наш взгляд, различиями в качественном состоянии органического вещества. Однако для более полного объяснения данного явления требуется дальнейшее его изучение.

Таким образом, в результате проведенных исследований наряду с общей положительной связью между содержанием органического вещества в почве и биологической активностью была установлена неодинаковая количественная изменчивость каждого изучаемого показателя деятельности почвенной биоты. Это свидетельствует о неправомерности использования какого-то одного показателя для характеристики общей биологической активности почвы. Вместе с тем наличие большого числа разных критериев, характеризующих интенсивность биологических процессов, затрудняет их практическое применение. Учитывая последнее, мы предлагаем использовать интегральный показатель — уровень биологической активности почвы, за единицу которого принята активность длительное время неудобрявшейся почвы бессменного пара (эталон, стандарт). Выбор такого стандарта обоснован стабилизацией почвенного ценоза в данных экологических условиях, поскольку почва извне не получает дополнительного источника энергии и содержание органического вещества в ней изменяется незначительно.

Уровень биологической активности почвы изучаемых вариантов находили путем расчета отношений численности микроорганизмов, ферментативной активности, нитрифицирующей способности и дыхания к соответствующим показателям неудобренной почвы бессменного пара с последующим определением их средней арифметической (табл. 6).

Уровень биологической активности почвы

Удобрения	Бессменно			Севооборот
	пар	оз. рожь	ячмень	
0	1,0	2,4	2,4	2,5
NPK	1,6	3,4	3,0	3,2
NPK + навоз	2,2	4,6	3,7	3,6
NPK + навоз + известь	3,6	4,8	4,2	3,8

Условно за стандартный уровень биологической активности почвы, определяемый по комплексу показателей, принимается биологическая активность почвы варианта пар бессменный 0 (без удобрений). Для любого другого варианта почв длительного опыта уровень биологической активности определяется следующим образом: по каждому показателю берется отношение величины в искомом варианте к величине стандартного уровня. Сумма отношений (по численности микроорганизмов, количеству инвертазы, каталазы, полифенолоксидазы, пероксидазы, нитрифицирующей способности, выделению CO₂ и поглощению O₂) делится на количество тестов (в данном случае на 8) и выводится интегральный относительный показатель — уровень биологической активности.

В данном случае уровень биологической активности почвы бессменного пара для варианта NPK рассчитывается так:

$$\left(\frac{464}{209} + \frac{2,7}{2,6} + \frac{0,4}{0,4} + \frac{0,5}{0,4} + \frac{2,0}{2,0} + \frac{7,50}{1,83} + \frac{0,86}{0,80} + \frac{0,61}{0,45} \right) : 8 = 1,6.$$

Данные табл. 6 показывают, что наиболее благоприятные условия для деятельности почвенной биоты создавались при совместном применении минеральных удобрений, навоза и известкования. Однако роль известкования зависела от способа использования почвы: в бессменном пару и бессменной культуре ячменя эффективность известки была высокой, а в варианте с озимой рожью и в севообороте — малозаметной.

Озимая рожь обладает большими потенциальными возможностями в повышении плодородия почвы при внесении удобрений и известки, чем ячмень. Так, если биологическая активность неободренной почвы под рожью и ячменем была одинаковой, то при внесении минеральных удобрений она увеличилась в 1,4 раза, а под ячменем — только в 1,2 раза. Различия возрастали в варианте с навозом.

Севооборот способствовал выравниванию биологической активности почвы по вариантам удобрения.

Тесную связь биологической активности почвы и содержания органического вещества подтверждают данные табл. 7, из которых следует, что биологическая активность на уровне одной единицы складывалась

Таблица 7

Содержание органического вещества (С, %) в почве, соответствующее единице уровня биологической активности

Удобрения	Бессменно			Севооборот	Среднее по удобрениям
	пар	рожь	ячмень		
0	0,28	0,31	0,32	0,32	0,31
NPK	0,29	0,28	0,24	0,23	0,26
NPK + навоз	0,26	0,28	0,32	0,31	0,29
NPK + навоз + известь	0,23	0,28	0,28	0,27	0,26
Среднее по способам использования почвы	0,26	0,29	0,29	0,28	0,28

Урожайность зерновых и количество зерна на единицу уровня биологической активности почвы (ц/га) при бесменном возделывании (Б) и в севообороте (С) в среднем за 1974—1983 гг.

Удобрения	Урожайность				Количество зерна на единицу уровня биологической активности			
	оз. рожь		ячмень		оз. рожь		ячмень	
	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С
0	9,5	26,9	7,8	9,5	4,0	10,8	3,2	3,8
НРК	22,3	31,3	27,7	23,3	6,6	9,8	9,2	7,3
НРК + навоз	24,5	37,6	31,3	31,9	5,3	10,4	8,5	8,9
НРК + навоз + + известь	22,9	34,6	30,9	35,5	4,8	9,1	7,4	9,3
НСР ₀₅	5,9		8,3		—		—	

при среднем содержании в почве 0,26—0,31 % С. Такая тесная зависимость, вероятно, присуща почвам с содержанием органического вещества в определенном интервале, за пределами которого указанная связь будет ослабевать. В этом интервале велика роль органического вещества в плодородии почвы.

Потенциальные возможности почвы проявляются только в определенных условиях. Так, урожайность озимой ржи в севообороте была значительно выше, чем в соответствующих вариантах удобрения в бесменном посеве (табл. 8), а урожайность ячменя при бесменном возделывании и в севообороте различалась мало. Эффективность систем удобрения также зависела от культуры и способа выращивания. При бесменном возделывании зерновых культур она была приблизительно одинаковой. В севообороте наибольшая урожайность озимой ржи получена при совместном внесении минеральных удобрений и навоза, а ячменя — при сочетании минеральных удобрений, навоза и извести. Приведенные данные свидетельствуют о сложной зависимости урожайности зерновых от почвенного плодородия и условий выращивания.

Мы попытались соотнести уровни биологической активности почвы и урожайности, для чего значения последней разделили на соответствующий каждому варианту уровень биологической активности (табл. 8).

В пределах каждого способа возделывания культур обеспеченность единицы уровня биологической активности почвы урожаем по вариантам удобрения изменяется незначительно, что свидетельствует о положительной связи между рассматриваемыми показателями, а также о том, что в вариантах с невысокой обеспеченностью биологической активности растениеводческой продукцией на урожайность действуют другие лимитирующие ее факторы (полегание растений, засоренность, поражение растений болезнями и т. д.).

Выводы

1. При длительном применении удобрений биологические показатели плодородия почвы (численность микроорганизмов, ферментативная активность, нитрифицирующая способность, дыхание) были выше, чем в контроле (неудобренная почва). Самыми высокими они оказались при совместном применении минеральных удобрений и навоза. Действие известкования на биологические показатели плодородия почвы неоднозначно.

2. Положительное влияние севооборота на биологическую активность почвы отмечено только в вариантах без удобрений.

3. Под озимой рожью формируется более высокая биологическая активность почвы, чем под ячменем.

4. Для обобщающей оценки состояния биологической активности почвы может быть использован интегральный показатель «уровень биологической активности». За единицу (эталон) данного показателя принята активность неудобренной почвы бессменного пара.

5. Между содержанием органического вещества почвы и уровнем биологической активности установлена тесная положительная связь. Для дерново-подзолистой почвы единице уровня биологической активности соответствует содержание 0,28 % С.

6. С ростом биологической активности почвы увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур. Однако при высокой биологической активности возможно снижение урожайности из-за полегания растений и других нежелательных явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. — 2. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. — 3. Берестецкий О. А. Почвенно-микробиологические процессы в севооборотах. — В кн.: Плодородие почвы и пути его повышения. М.: Колос, 1983, с. 73—77. — 4. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв. Ереван, 1978. — 5. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1980. — 6. Лыков А. М., Вьюгин С. М. К методике монометрического определения биологической актив-

ности почвы с применением аппарата Варбурга. — Изв. ТСХА, 1973, вып. 4, с. 196—199. — 7. Лыков А. М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1982. — 8. Мишустин Е. М. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. — 9. Хазиев Ф. Х. Концептуальная модель формирования ферментативной активности почвы. — Почвоведение, 1979, № 12, с. 125—130. — 10. Хазиев Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982.

Статья поступила 28 мая 1985

SUMMARY

Investigations were carried out in a prolonged experiment in the Timiryazev Academy in 1981—1983.

Prolonged fertilization contributed to maintaining biologic indices of soil fertility at higher levels than without fertilization. The highest beneficial effect was obtained under joint application of mineral fertilizers and farm manure.

Advantage of crop rotation in forming higher biologic activity was found only on infertilized soils. Biologic activity under winter rye was higher than under barley. There is close positive correlation between soil organic matter content and biologic activity level. Crop yielding capacity grows with the increase in soil biologic activity. However, the latter can result in lower yielding capacity due to lodging of plants and other undesirable phenomena.