

УДК 631.417

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В БЕССМЕННЫХ ПОСЕВАХ И В СЕВООБОРОТЕ

САФОНОВ Л. Ф. КРУЧИНА С. Н. АЛФЕРОВ А. А.

(Кафедра земледелия и методики опытного дела,
кафедра энтомологии)

Длительное возделывание культур в бессменных посевах и в севообороте, применение удобрений и известкования позволили выявить их роль в воспроизводстве плодородия дерново-подзолистой почвы. Установлено, что положительное влияние культур на воспроизводство органического вещества почвы уменьшается в ряду: клевер > озимая рожь > ячмень > картофель.

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия при существующем дефиците средств интенсификации сельскохозяйственного производства большое значение придается биологическим показателям плодородия почвы. Это объясняется прежде всего значительным их влиянием на другие показатели плодородия и круговорот веществ в целом. Среди них выделяется органическое вещество почвы, представляющее собой вещественную основу всех ее биохимических процессов. Оно наряду с гранулометрическим составом является фундаментальным

показателем почвенного плодородия [5].

Изменение органического вещества по строению и свойствам, а также перемещение его по профилю почвы и перемешивание с минеральной частью происходят при непосредственном участии почвенной биоты. Поэтому повышение плодородия дерново-подзолистых почв неразрывно связано не только с увеличением в них органического вещества, но и с активизацией деятельности микроорганизмов [7].

В задачу наших исследований входило изучить изменение содержания органиче-

ского вещества, целлюлозо-разлагающей способности и количества сапрофитных нематод почвы после 86-летнего применения удобрений и севооборота, а также выявить связи между этими показателями плодородия почвы.

Методика

Исследования проводили в 1996—1998 гг. в длительном полевом опыте МСХА, заложенном в 1912 г. профессором А. Г. Дояренко по инициативе академика Д. Н. Прянишникова. Почва участка дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая. Биологическую активность определяли в слое почвы 0—20 см в бессменных посевах озимой ржи, ячменя, клевера, картофеля и на участках бессменного пара, а также в севообороте: пар — озимая рожь — картофель — ячмень с подсевом клевера — клевер — лен.

Варианты удобрения следующие: без удобрений (0); NPK; NPK + навоз на известкованном фоне и без известки. Норма минеральных удобрений составила 100N150P120K, навоза — 20 т/га. Известь вносили по полной гидролитической кислотности.

Содержание органического вещества определяли по методу И. В. Тюрина, целлюлозоразлагающую способность

почвы — методом целлюлозных стандартов [10], содержание сапрофитных нематод — модифицированным вороночным методом Деккера с экспозицией 72 ч [8].

Результаты

В динамике органического вещества почвы важнейшая роль принадлежит растениям. Это объясняется тем, что основным и постоянным источником органического вещества, поступающего в почву, являются остатки растений и продукты корневых выделений.

Парование дерново-подзолистой почвы в течение 86 лет обусловило снижение ее гумусированности (табл. 1). Это подтверждают данные, опубликованные в свое время В. Е. Егоровым [2], Б. А. Доспеховым [1], А. М. Лыковым [4]. В почве бессменного пара содержится органического вещества на 48—130% меньше, чем в вариантах бессменных посевов и севооборота.

Темпы снижения гумусированности почвы при длительном паровании значительно замедляются. Это согласуется с мнением М. Когсченс [12]. Он, в частности, отмечает, что уменьшение содержания гумуса в почве происходит до определенного уровня, при котором процессы минерализации в па-

Таблица 1

Содержание органического вещества почвы при длительном применении удобрений и извести в бессменном посеве и в севообороте ($C_{\text{общ}}$ %)

Вариант удобрения	Пар бессменно	Бессменные культуры				Севооборот	Среднее по удобрениям
		рожь	ячмень	клевер	картофель		
1 — без удобрений	0,48	1,04	0,98	1,07	0,67	0,84	0,92
2 — известь	—	1,13	1,04	1,15	0,64	0,86	0,96
3 — NPK	0,58	1,40	1,14	1,34	0,88	1,04	1,16
4 — NPK + известь	—	1,42	1,22	1,38	0,93	1,01	1,19
5 — NPK + навоз	0,68	1,44	1,24	1,47	1,00	1,09	1,25
6 — NPK + навоз + известь	—	1,41	1,27	1,49	0,98	1,13	1,27
Средние по культурам	0,58	1,31	1,15	1,32	0,85	1,00	—
$НСР_{05} = 0,15$							

рующей почве затухают и устанавливается динамическое равновесие между синтезом и разложением органического вещества. Стабилизация вышеуказанных процессов, по нашим данным, отмечается при содержании 0,4—0,5% $C_{\text{общ}}$.

Под бессменными культурами по сравнению с паром содержание общего углерода значительно выше. Однако и они не способны предотвратить снижение содержания гумуса в почве при длительном ее сельскохозяйственном использовании без применения удобрений. Так, по данным В. Е. Егорова [2], исходное содержание органического вещества в почве было 1,20% С.

Среди полевых культур наименьшие темпы снижения гумусированности почвы обеспечивают клевер и озимая рожь. Ячмень способствует поддержанию органического вещества в почве на уровне около 1,00%. В почве под картофелем из-за более высокой минерализации органического вещества и меньшего количества растительных остатков содержание гумуса на 46—60% ниже, чем под культурами сплошного посева. В почве плодосменного севооборота гумусированность почвы находится на уровне 0,84%, что ближе всего соответствует варианту бессменного ячменя.

Дерново-подзолистые почвы отличаются ускоренным

циклом процессов синтеза — разрушения гумусовых веществ [3]. В этой связи создание в пахотных почвах благоприятного режима органического вещества — трудная задача и решение ее зависит не только от почвенно-климатических условий, но и комплекса агротехнических мероприятий, среди которых одно из важных мест отводится внесению удобрений.

Наименьшая гумусированность почвы отмечается в вариантах без удобрений. На фоне применения NPK по сравнению с неудобренным фоном содержание органического вещества на 0,1 — 0,36% выше. Однако минеральные удобрения не обеспечивают простого воспроизводства органического вещества под бессменным картофелем и в севообороте. В почве под озимой рожью и клевером отмечается расширенное воспроизводство органического вещества, а под ячменем — простое.

Длительное внесение навоза в почву на фоне NPK обеспечивает расширенное воспроизводство органического вещества только под культурами сплошного посева, в почве же под картофелем и паром его баланс остается отрицательным. Следует отметить отрицательный баланс гумуса в почве плодосменного севооборота, что объясняет-

ся не только невосполнением органического вещества за счет навоза, но и существенной его минерализацией в почве под паром и картофелем. Известкование незначительно влияет на темпы повышения гумусированности почвы.

Одним из показателей биологической активности почвы служит ее целлюлозоразлагающая способность, свидетельствующая о темпах превращения растительных остатков в почве. В пару разложение целлюлозы низкое (табл. 2). Среди культур наибольшее влияние на целлюлозоразлагающую способность почвы оказывал клевер. За вегетационный период здесь разлагается более 50% целлюлозы. Активизация процессов разложения растительных остатков под многолетними травами обусловлена специфическим составом почвенной биоты (преобладанием грибов). В контрольном варианте под бессменными озимой рожью и ячменем разлагалось около 20% целлюлозы, а под картофелем — 30%. Более высокая целлюлозоразлагающая способность почвы под картофелем объясняется рыхлым сложением пахотного слоя, которое достигается междурядными обработками. В плодосменном севообороте разложение целлюлозы было

Таблица 2

Целлюлозоразлагающая способность почвы (% разложившейся целлюлозы) при длительном применении удобрений и севооборота. Средние данные за 1996—1998 гг.

Вариант удобрения	Пар бес- сменно	Бессменные культуры				Сево- оборот	Сред- нее по удоб- рениям
		рожь	яч- мень	кле- вер	карто- фель		
1 — без удобрений	9,6	20,5	19,0	56,7	29,7	23,5	29,9
2 — известь	—	39,0	46,2	36,3	34,4	38,6	38,9
3 — НРК	24,1	46,9	33,9	68,5	42,9	33,0	45,0
4 — НРК + известь	—	33,6	55,7	37,7	48,3	49,5	45,0
5 — НРК + навоз	25,3	41,2	33,7	69,6	40,5	44,5	45,9
6 — НРК + навоз + + известь	—	64,5	57,6	50,6	60,7	49,8	56,6
Средние по культу- рам	19,7	41,0	41,0	53,2	42,8	39,8	—
НСР ₀₅ = 17,7							

на уровне вариантов бессменных посевов зерновых культур.

Внесение минеральных удобрений приводило к резкому увеличению целлюлозоразлагающей способности почвы. Это отмечалось под всеми исследуемыми культурами. Данный факт объясняется активизацией деятельности микроорганизмов, участвующих в разложении целлюлозы. На известкованной почве это связано с активизацией бактериальной части микроорганизмов, а в кислой почве при внесении НРК — с активностью грибов.

Органоминеральные удобрения также обуславливали увеличение целлюлозоразла-

гающей способности почвы в сравнении с неудобренным фоном на 15—25%. Наибольший рост отмечался в почве под озимой рожью и картофелем на известкованном фоне, а наименьший — под клевером. В целом же использование как минеральных, так и органических удобрений приводило к усилению целлюлозоразлагающей способности почвы.

Влияние известкования дерново-подзолистой почвы на разложение целлюлозы в основном положительное, особенно в вариантах с ячменем, озимой рожью и в севообороте. Возможно, это связано с усилением активности бактерий, которые преобладают в почве с реакцией сре-

ды, близкой к нейтральной, а также с созданием благоприятных условий для роста и развития самих растений. В почве под клевером процесс разложения целлюлозы был выше на фоне без извести, чем с ее применением. Повидимому, это объясняется обильным развитием грибного компонента микробного сообщества, который в кислой почве не только развивается лучше, но и принимает деятельное участие на начальном этапе процесса разрушения целлюлозы [6].

Одним из показателей биологической активности почвы, влияющим как на фитосанитарное ее состояние, так и на процессы трансформации органических веществ в ней, является наличие в почве нематод различных трофических групп, включая фитопаразитические формы [9].

В данной работе не исследовали видовой состав почвенных нематод. Интерес представляло изучение влияния различных агроприемов на комплекс педофауны, а также его связь с другими показателями плодородия почвы, поэтому целесообразно было рассматривать воздействие отдельных факторов на комплекс фитопаразитов и на комплекс сапрофитов.

Длительное парование почвы приводит к резкому снижению численности всех

групп нематод, их наличие определяется единичными особями (табл. 3). Причина такого поведения представителей педофауны заключается в создании специфических условий жизни в пару и в первую очередь почти в полном отсутствии свежих источников углеродного питания. При бессменном возделывании сельскохозяйственных культур в длительном опыте численность почвенных сапрофитных нематод устанавливалась на уровне 140—260 шт/100 г почвы, что по сравнению с паром выше, хотя численность нематод во многом определяется метеорологическими условиями конкретного периода вследствие большой зависимости биологических особенностей жизни представителей педофауны от водного и теплового режимов почвы [9]. Среди полевых культур озимая рожь, ячмень и клевер не различаются по влиянию на численность сапрофитных видов нематод. В почве под клевером и ячменем несколько больше фитопаразитов, чем под озимой рожью. Картофель в данном случае уступает культурам сплошного посева в 2 раза. Повидимому, это связано с его биологическими особенностями, хотя не последнюю роль здесь играет и содержание органического вещества под

Таблица 3

Содержание нематод в дерново-подзолистой почве при длительном применении севооборота и удобрений (в числителе — фитопаразитические, в знаменателе — сапрофитные, шт/100 г почвы). Средние данные за 1996-1998 гг.

Вариант удобрения	Пар бес- сменно	Бессеменные культуры				Сево- оборот	Сред- нее но удоб- рениям
		яч- рожь	яч- мень	кле- вер	карто- фель		
1 — без удобрений	3	29	37	47	14	42	34
	22	252	251	262	143	398	261
2 — известь	—	38	44	38	20	40	36
	—	238	318	253	140	396	269
3 — NPK	10	34	37	48	73	57	50
	37	333	244	341	294	555	351
4 — NPK + известь	—	37	37	73	45	62	51
	—	342	304	360	315	429	350
5 — NPK + навоз	3	41	56	46	78	54	55
	60	437	347	500	434	526	449
6 — NPK + навоз + + известь	—	50	69	75	100	53	69
	—	431	355	435	323	526	414
Средние по культу- рам	5	38	47	55	55	51	—
	40	339	303	359	275	472	—

$$HCP_{05} = \frac{25}{180}$$

данными культурами. Нами были рассчитаны коэффициенты прямолинейной корреляции между количеством сапрофитов и содержанием органического вещества в почве. В целом же по бессеменным культурам он был 0,85.

Следует подчеркнуть, что результаты исследований позволили установить разницу в численности комплекса нематод на участках с бес-

семенным возделыванием полевых культур и в севообороте. В последнем возрастает количество сапрофитной педофауны, хотя численность фитопаразитов не уменьшается. Таким образом, чередование культур снижает относительную долю фитопаразитов в общем комплексе педофауны.

Немалый интерес представляет изменение количе-

ства нематод в результате применения удобрений. Минимальная их численность отмечается в вариантах без удобрений. Доля фитопаразитов была на уровне 9—15% к общей численности. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению количества почвообитающих нематод, особенно сапрофитов. Численность фитопаразитов почти не изменилась в почве под озимой рожью и ячменем. Однако значительно возросло количество фитопаразитических нематод в варианте NPK под клевером и картофелем. В литературе обсуждается вопрос об увеличении количества фитопаразитов при внесении минеральных удобрений. При улучшении питания растений усиленно развивается корневая система, что обеспечивает улучшение условий питания фитопаразитов [9].

Применение органических удобрений также способствовало существенному увеличению численности нематод. На фоне минеральных удобрений навоз оказывал стабилизирующее действие на комплекс фитопаразитов, т. е. устанавливалась постоянная доля фитотоксических видов.

Известкование не оказывало существенного влияния на содержание нематод. В некоторых вариантах численность

сапрофитов снижалась, в некоторых — увеличивалась. Это объясняется тем, что нематоды, особенно фитопаразиты, в меньшей степени подвержены влиянию реакции почвенной среды. Эффект от применения извести кратковременен [11].

Выводы

1. Длительное возделывание культур в бессменных посевах и в севообороте, применение удобрений и известкования позволили выявить, что культура растений и удобрения оказывают решающее влияние на расширенное воспроизводство плодородия дерново-подзолистой почвы.

2. Положительная роль культур в воспроизводстве органического вещества почвы уменьшается в ряду: клевер > озимая рожь > ячмень > картофель.

3. Содержание органического вещества в неудобренной почве бессменного пара за 86-летний период стабилизировалось на уровне 0,48% С, а под бессменными культурами сплошного посева (клевером, озимой рожью, ячменем) поддерживается около 1,0% С, картофелем — 0,67% С, в севообороте — 0,84% С.

4. Применение NPK раздельно и в сочетании с навозом способствовало увеличению содержания органи-

ческого вещества на 0,20—0,30% С. Известкование почвы не влияло на его количество.

5. Целлюлозоразлагающая способность почвы и численность в ней почвенных нематод возрастают с увеличением содержания органического вещества. Почвенный комплекс нематод состоит на 88% из сапрофитов и на 12% из фитопаразитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Доспехов Б. А.* Плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность растений в условиях систематического применения удобрений (Итоги 55-летнего полевого опыта ТСХА). Докт. дис., М., 1969. — 2. *Егоров В. Е.* Роль длительного применения удобрений, севооборота и повторных посевов в развитии плодородия почв Нечерноземной полосы. Докт. дис., М., 1955. — 3. *Кононова М. М.* Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1987. — 4. *Лыков А. М.* Органическое

вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия. Докт. дис. М., 1976. —

5. *Лыков А. М.* Плодородие почвы и интенсификация земледелия Нечерноземной зоны РСФСР. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 6, с. 67—76. — 6. *Панников И. С., Афремова В. Д., Асеева И. В.* Кинетика разложения целлюлозы в почве. — Почвоведение, 1984, № 1, с. 56. — 7. *Панников В. Д., Минеев В. Г.* Почва, климат, удобрения, урожай. М.: Агропромиздат, 1987. — 8. *Попкова К. В., Шмыгля В. А.* Методы определения болезней и вредителей с.-х. растений. М.: Агропромиздат, 1987. — 9. *Соловьева Г. И.* Экология почвенных нематод. JL: Наука, 1986. — 10. *Сэги Й.* Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. — 11. *Burns N. C. J.* Nematology, 1971, № 1, vol. 3, p. 238—245. — 12. *Korschens M.* Archives of Agronomy and Soil Science, 1997, vol. 42, № 3—4, p. 157—169.

*Статья поступила
11 января 2000 г.*

SUMMARY

Long-term crop cultivation as monocultures and in rotation, application of fertilizers and liming the soil allowed to find their role in reproduction of biological indicators of soddy-podzolic soil fertility. Plants and fertilizers produce the main effect on extended reproduction of soil fertility. Positive effect of crops on reproduction of biological indicators of soil fertility decreases in the line: clover > winter rye > barley > potato.