

УДК 631.11:631.548

**УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ  
ПОЧВ В ПЛОДОВЫХ ЦЕНОЗАХ  
ПРИЁМАМИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ**

Попова Валентина Петровна  
д-р с.-х. наук

*Государственное научное учреждение  
Северо-Кавказский зональный научно-  
исследовательский институт  
садоводства и виноградарства  
Россельхозакадемии, Краснодар, Россия*

Приведены результаты исследований по разработке способов управления плодородием почв в плодовых ценозах. Показано, что приемы фитомелиорации, способствующие накоплению органических остатков в почве, оказывают влияние не только на питательный режим почвы, но и приводят к усилению её биологической активности.

*Ключевые слова:* ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ,  
ПЛОДОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ,  
ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ, ГУМУС,  
ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС

UDK 631.11:631.548

**CONTROL OF THE SOIL FERTILITY  
IN THE FRUIT CENOSIS WITH THE  
USE OF PHYTOMELIORATION  
METHODS**

Popova Valentina  
Dr.Sci.Agr.

*State Scientific Organization North  
Caucasian Regional Research Institute of  
Horticulture and Viticulture of the Russian  
Academy of Agricultural Sciences,  
Krasnodar, Russia*

The result of research on working out of methods of soil fertility control in the fruit cenosis are presented. It is shown, that phytomelioration method, leading to accumulation of organic substance in the soil, has influence not only on the soil feed regime, but increase its biological activity.

*Keywords:* SOIL FERTILITY, FRUIT  
ORCHARDS PHYTOMELIORATION.  
HUMUS, SOIL BIOTIC COMPLEX

**Введение.** Почва – базис для создания любой агроэкосистемы, своеобразное средоточие процессов видоизменения веществ и трансформации потоков энергии, главное звено управления её продуктивностью.

Степень гумусированности почвы традиционно служит ведущим критерием уровня почвенного плодородия. Почвенное плодородие, определяемое в основном запасами гумуса, является не только главной экономической и экологической характеристикой агроэкосистемы, но с ним теснейшим образом связаны круговороты углерода, азота и зольных элементов в биосфере.

В результате интенсивного сельскохозяйственного производства, антропогенного влияния на агроэкосистемы появился целый ряд негативных явлений, снижающих устойчивость почв, уровень их плодородия, а также ухудшающих состояние окружающей среды. Происходит расширение процессов деградации почв, которые ускоряют их дегумификацию, вторичное засоление, переуплотнение и слитизацию, истощение содержания элементов питания, технологическое загрязнение.

В многолетних насаждениях эта проблема еще более актуальна, поскольку длительная монокультура (до нескольких десятков лет) в сочетании с однотипной почвенной агротехникой (многократные почвенные обработки) и регулярным многократным в течение вегетационного периода использованием средств от вредителей и патогенов, удобрений, регуляторов роста приводит к переуплотнению почв, нарушению их водно-воздушного режима, уменьшению содержания гумуса и элементов питания и нарушению их оптимального соотношения, снижению видового разнообразия микроорганизмов и почвенных животных. Все эти факторы ведут к падению устойчивости почв в агроценозах.

Методологические подходы к управлению гумусным состоянием и химическими свойствами почв в садовых агроценозах заключаются в том, что для нормального и надёжного функционирования агроэкосистем необходимо восстанавливать или восполнять утраченные при их формировании звенья биологического круговорота органических соединений, присутствующих в природных экосистемах. Необходимо восстановление плодородия почв плодовых ценозов на биоценотической основе.

Мелиоративные приёмы, направленные на регулирование биологического круговорота веществ в экосистеме сада, повышение продуктивности плодовых растений и интенсификацию использования почвы оказывают существенное влияние не только на почвенно-биотический комплекс, но и на все компоненты ценоза. В первую очередь на эдификаторы – возде-

льваемые многолетние растения, а также на растения нижнего яруса ценоза (сеяные и естественно растущие травы), формирующие микроклимат ценоза. Интенсивность этого влияния зависит от особенностей природных условий и применяемых фитомелиораций [1, 2].

Почвенное плодородие определяется в основном запасами гумуса [3]. Некоторые исследователи отмечают, что для плодовых культур гумус не определяет уровень продуктивности [4, 5, 6]. Однако все признают незаменимую роль гумуса в формировании структуры, которая оказывает положительное действие на физические свойства почвы: плотность, порозность, твердость, пластичность, он поддерживает устойчивость биогенности почв и режима питания растений, регулирует водный, воздушный и отчасти тепловой режим, повышает буферность, емкость и устойчивость почв к неблагоприятным условиям природного и антропогенного происхождения. В процессе длительного парования у гумусовых кислот происходят качественные изменения периферической части, и ядерная центральная часть становится менее устойчивой, поэтому для защиты ее необходимо внесение свежего органического вещества [7].

Наибольшее увеличение количества органического вещества происходит за счёт внесения органических мелиорантов в почву [3]. Навоз – ценный мелиорант, но в а садах по организационно-экономическим причинам не вносится. Необходимы разработки по содержанию почв, способствующие накоплению органического вещества. Это может быть достигнуто путем модификации методов обработки почвы и подбора культур в агроценозе. Введение трав в нижний ярус плодового ценоза должно способствовать поступлению органического вещества в почву надземной биомассы и усилению роста корней. Для этой цели необходимо подбирать наиболее подходящие культуры в садах.

К многолетней проблеме потери гумуса почвами садовых ценозов добавляется еще то, что при орошении черноземы быстрее теряют запасы

гумуса. Под действием длительного орошения и высоких доз минеральных удобрений происходит качественное изменение гумуса. Совместное действие воды и удобрений приводит к повышению растворимости гумусовых веществ. При орошении биологические процессы протекают более интенсивно, чем на богаре, усиливаются минерализационные процессы. Пополнение почвы органикой, необходимое при всех условиях, на орошаемых почвах становится еще более обязательным [8].

Действенным фактором против дегумификации в условиях орошения ценозов могут быть многолетние травы. В плодовых садах юга России подобные исследования, предполагающие системный подход в изучении экологии садовых ценозов, начаты недавно. Полученные знания будут способствовать углублению понимания экологических функций почвы многолетних насаждений.

Для разработки приёмов повышения продуктивности садовых ценозов, стабилизации урожайности плодовых культур, экономии ресурсов среды необходимо получение новых знаний о закономерностях изменений свойств черноземных почв садовых ценозов в условиях фитомелиораций.

**Объекты и методы исследований.** Для реализации поставленных задач использовали современные методы полевых и лабораторных исследований. Исследования проводились в многолетних плодовых насаждениях – садах яблони при различных системах содержания почвы между рядами на выщелоченных черноземах. Варианты опыта:

1. Черный пар (контроль)
2. Задернение почвы между рядами сада сеянными злаковыми травами
3. Задернение почвы естественно растущими травами.

Отбор почвенных образцов и подготовку их к анализу проводили по ГОСТ 28168-89 и ГОСТ 29269-91. Органическое вещество определяли по методу Тюрина – ГОСТ 26213-91, гидролитическую кислотность почвы – ГОСТ 2212-91, рН солевой – ГОСТ 26483-85, обменную кислотность –

ГОСТ 26484-85, сумму поглощенных оснований – ГОСТ 27821-88, нитратный азот – ГОСТ 26951-86, подвижный фосфор по методу Чирикова – ГОСТ 26204-91, обменный калий по методу Масловой – ГОСТ 26210-91.

При исследовании общего микробного пула использовали флуорохромы акридиновый оранжевый (АО) для бактерий и актиномицетов и флуоресцент брайтнер (ФБ) для грибов и спор [9]. Определение общей гидролитической активности почвы проводили спектрометрически [10]. Качественный состав микробных популяций учитывали методом посева на плотные питательные среды, используя методы селективного ингибирования микроорганизмов [11].

Определение элементов питания в травах, сорняках, листьях и плодах плодовых культур проводили после мокрого озоления смесью серной и хлорной кислот из одной навески: азота хлораминовым методом, фосфора методом Мерфи-Райли с колориметрическим окончанием, калия на пламенном фотометре [12].

**Обсуждение результатов.** На варианте с естественно растущими травами в междурядьях постоянно происходила смена видового состава растений. Через 5-6 лет сформировался разнотравно-злаковый ценоз с обширными куртинами бобовых растений [13].

Изучение химических свойств чернозёма выщелоченного в многолетних насаждениях на разных фонах ухода за почвой показало, что под травами местной флоры в метровом слое создаётся более благоприятная реакция почвенной среды для яблони – слабокислая или нейтральная. По сравнению с другими вариантами содержания почвы более стабилен почвенно-поглощающий комплекс: увеличивается сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями (табл. 1). Здесь же отмечено более высокое содержание гумуса, увеличение содержания подвижного фосфора и обменного калия (табл. 2).

Поиск корреляционных связей между показателями агрохимических свойств выщелоченного чернозема в многолетних насаждениях под травой показал, что наиболее тесная положительная корреляция обнаружена между содержанием гумуса в почве и элементами питания ( $r=0,90-0,97$ ), суммой поглощенных оснований ( $r=0,90$ ) и некоторыми другими показателями. Отмечены положительные связи между реакцией почвенной среды и почвенно-поглощающим комплексом ( $r=0,92-0,97$ ).

Таблица 1 – Химические свойства почвы в многолетних насаждениях на разных фонах содержания почвы

Слой почвы, см	pH водный	pH солевой	Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г Н	Поглощенные основания, мг-экв./100 г S	Степень насыщ. основан., %
Черный пар (контроль)					
0-20	6,60	5,21	3,79	39,6	91,2
20-40	6,33	4,95	4,71	40,0	89,5
40-60	6,62	5,15	3,56	40,8	91,9
60-80	6,89	5,34	2,74	40,8	93,8
80-100	6,93	5,47	2,57	39,6	93,8
Задержание естественно растущими травами					
0-20	6,68	5,74	4,23	48,7	92,1
20-40	6,41	5,07	4,32	41,2	90,5
40-60	6,77	5,32	3,13	42,0	93,1
60-80	6,96	5,45	2,52	41,6	94,3
80-100	7,13	5,60	2,07	40,8	95,1
Задержание сеянными многолетними злаковыми травами					
0-20	6,20	4,91	5,61	36,8	86,8
20-40	6,14	4,85	5,98	36,4	85,8
40-60	6,44	5,02	4,42	39,6	90,0
60-80	6,66	5,20	3,40	40,4	92,2
80-100	6,87	5,33	2,86	39,2	93,1

Изучение биологической активности почвы междурадий многолетних плодовых насаждений является важным элементом мониторинга экологического состояния садовых ценозов. В связи с этим в 2007г. были про-

должны исследования различных параметров численности и активности микробоценозов, мезо- и макрофауны в почвенном профиле.

Таблица 2 – Обеспеченность почвы элементами питания при разных способах ее содержания в многолетних насаждениях

Слой почвы, см	Гумус, %	NO <sub>3</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Черный пар (контроль)				
0-20	3,44	7,0	117	140
20-40	3,59	4,5	154	120
40-60	3,21	6,0	125	110
60-80	2,80	5,0	106	110
80-100	2,91	4,5	106	120
Задержание естественно растущими травами				
0-20	11,8	40,0	302	350
20-40	3,66	5,0	211	140
40-60	3,51,	5,0	143	120
60-80	3,10	5,0	123	120
80-100	2,61	4,5	99	110
Задержание сеянными многолетними травами				
0-20	6,20	4,91	36,8	86,8
20-40	6,14	4,85	36,4	85,8
40-60	6,44	5,02	39,6	90,0
60-80	6,66	5,20	40,4	92,2
80-100	6,87	5,33	39,2	93,1

Весенний период вегетации растений характеризуется активизацией процессов конкуренции растений нижнего яруса и плодовых культур за элементы питания, при этом компоненты травяного фитоценоза также вступают в сложные взаимоотношения растительного сообщества.

Биологическая активность почвы междурядий во многом определяется характером распределения корневых систем растений нижнего яруса, качеством химического состава надземных и корневых остатков, особенно содержанием доступных форм азота и фосфора. При содержании междурядий под черным паром поступление органического вещества ограничено листовым опадом в осенний период, а ежегодная глубокая обработка поч-

вы усиливает процессы аэробной трансформации органического вещества почвы, что снижает уровень его накопления и консервации в соединениях гумуса [3]. В наземном ярусе плодового ценоза с задержанием травами создаются условия для развития большого числа беспозвоночных, представленных фито-, энтомо- и сапрофагами. Обилие органических остатков создает возможность сохранения определенного гидротермического режима как на поверхности почвы, так и в ней самой, что отражается положительно не только на питательном режиме растений, но и ведет к усиленной колонизации почвы, как совокупности массы экониш, различными популяциями микробов и беспозвоночных животных. Биомасса этих организмов не только является резервом биогенных элементов, предотвращает вынос питательных веществ из почвенного профиля, но и содержит большое количество ферментов, остающихся в почве в иммобилизованном состоянии.

Использование люминесцентной микроскопии позволило с помощью флуорохромов оценить численность клеток бактерий и длину мицелия актиномицетов (акридиновый оранжевый), а также количество грибных спор, длину мицелия микромицетов (флуоресцент брайтнер). Указанные показатели относятся к структурным при оценке состояния микробоценозов, так как свидетельствуют о соотношении различных форм про- и эукариотных микроорганизмов, а функциональную активность почвы можно охарактеризовать по ее способности гидролизовать флуоресцеин диацетат.

В табл. 3 представлены результаты определения численности бактерий, длины актино- и микромицетного мицелия люминесцентномикроскопическим методом и определения гидролитической активности почвы по отношению к ФДА (флуоресцеин диацетат) спектрофотометрическим методом.



Таблица 3 – Структурно-функциональная характеристика микробоценозов почвенного профиля между рядий в плодовом саду, май 2008 г.

Варианты опыта	Слой почвы, см	Бактерии (АО/ФДА), млн./г	Актиномицеты (АО/ФДА), м/г	Микромицеты (ФБ/ФДА), м/г	Гидролиз ФДА, %
Черный пар	0-20	2007 / 334	35 / 5	208 / 19	47
	20-40	1048 / 298	41 / 17	92 / 12	42
	40-60	804 / 206	11 / 8	56 / 14	31
	60-80	522 / 129	17 / 5	41 / 9	24
	80-100	412 / 70	10 / 2	33 / 5	23
Задержание овсяницей луговой	0-20	3027 / 543	47 / 9	205 / 27	57
	20-40	2913 / 404	49 / 14	136 / 15	49
	40-60	2623 / 277	18 / 5	54 / 11	47
	60-80	2008 / 106	13 / 7	56 / 10	39
	80-100	725 / 85	8 / 2	39 / 10	33
Задержание естественно растущими травами	0-20	3892 / 558	74 / 13	328 / 48	65
	20-40	3280 / 712	37 / 17	215 / 25	53
	40-60	2659 / 302	48 / 18	74 / 12	44
	60-80	1782 / 198	15 / 9	57 / 11	47
	80-100	1004 / 145	14 / 5	45 / 8	38

Согласно данным, запасы микробного пула снижаются по почвенному профилю между рядий многолетних насаждений независимо от способов их содержания. При этом наибольшие значения общей численности бактерий отмечены для верхнего слоя почвы. Резкое снижение этого показателя в слое 20-40 см отмечено под черным паром, примерно в два раза снижена и длина грибного мицелия по сравнению с пахотным слоем. В то же время биомасса и гидролитическая активность актиномицетов выше в этом слое.

Верхние слои почвы сада под задернением травами содержали в 1,5 – 3 раза больше бактерий по сравнению с вариантом под постоянными почвенными обработками. Более глубокие слои задерненной почвы вплоть до метрового слоя характеризовались также увеличением численности бактерий. Учитывая то, что основной вклад в биомассу микробного пула вносят грибы, можно говорить о существенных различиях этого показателя для почв междурядий разного содержания.

По-видимому, задернение почвы междурядий обеспечивает развитие мицелия микромицетов значительной длины, которые участвуют в гидролизе полимеров и инициируют развитие других групп микроорганизмов.

Среди микромицетов, выявленных методом посева на агар Чапека и агар КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза), как и в 2007 г., доминировали колонии пенициллов, что объясняется психрофильностью и конкурентоспособностью этих грибов, преобладающих при понижении температуры среды обитания. Среди мицелиальных микромицетов наряду с пенициллами были выделены представители родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Verticillium*, *Stachybotrys*, *Humicola* и *Mycelia Sterilia*. Однако первыми заселяют ризоплану многолетних растений бактерии, как правило, грамотрицательные. Плотность представителей родов *Aquaspirillum*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Flavobacterium* была наибольшей в почве варианта задернения естественно растущими травами.

Актиномицеты родов *Streptomyces*, *Streptoverticillium*, *Rhodococcus*, *Micromonospora* развиваются на поздних стадиях микробной сукцессии. Максимальная длина мицелия актиномицетов отмечена в варианте естественного задернения в верхнем слое почвы, как и в предыдущие годы исследования, что объясняется достаточным количеством питательных веществ, в том числе азотсодержащих, под разнотравьем, обилием грибного

мицелия, который служит целлюлозо- или хитинсодержащим субстратом для многих актиномицетов .

Вертикально-ярусное распределение гидролитической активности почвы наряду с распределением микробной биомассы подтверждает более высокую биологическую активность почвенного профиля в условиях задержания междурядий садового агроценоза. Кроме этого отмечается углубление биогенного слоя почвы под травами, что является важным фактором в процессе развития корневой системы растений верхнего яруса, поглощающих питательные вещества из глубоких почвенных горизонтов.

В засушливый период вегетационного периода плодовых культур профильное распределение гидролитической активности почвы по вариантам опыта разнится более существенно, оставаясь максимальным на варианте естественного задержания. Это лишний раз свидетельствует об устойчивой работе почвенно-микробного комплекса в условиях длительного дефицита влаги.

Корреляционный анализ данных по биологической активности почвы, содержанию гумуса в почвенном профиле многолетних насаждений позволяет отметить тесную корреляционную связь между содержанием гумуса и гидролитической активностью почвы (индекс гидролиза ФДА) под естественно растущими травами ( $r = 0,79$ ), а также между содержанием гумуса и длиной грибного мицелия, его активностью ( $r = 0,98; 0,99$ ). Эта тенденция сохраняется на протяжении нескольких лет.

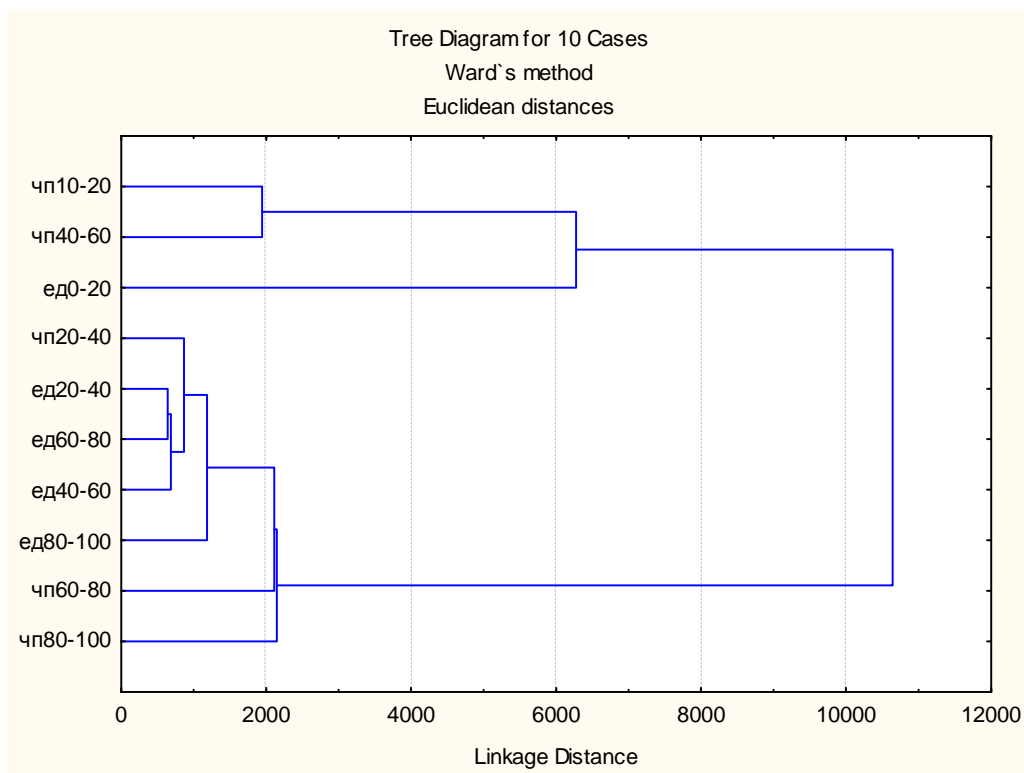


Рис 1. Результаты кластерного анализа  
(Обозначения: чп – черный пар; ед – задернение почвы  
естественно растущими травами; 0-20 – слой почвы)

Определение функционального биоразнообразия микробных сообществ почв в многолетних насаждениях проводили методом мультисубстратного тестирования (МСТ) с помощью автоматизированной системы микробиологического мониторинга «Эколог» путем определения интенсивности потребления тестового набора органических моносубстратов при инкубации образцов в специальных тест-планшетах. Определение производили фотометрически с использованием индикатора дегидрогеназной активности (соли тетразолия) [14]. Полученный многомерный массив данных (спектр потребления субстратов) является уникальным функциональным портретом исследуемого микробного объекта, на основании которого можно производить классификацию сообществ и вычислять параметры их функционального биоразнообразия.

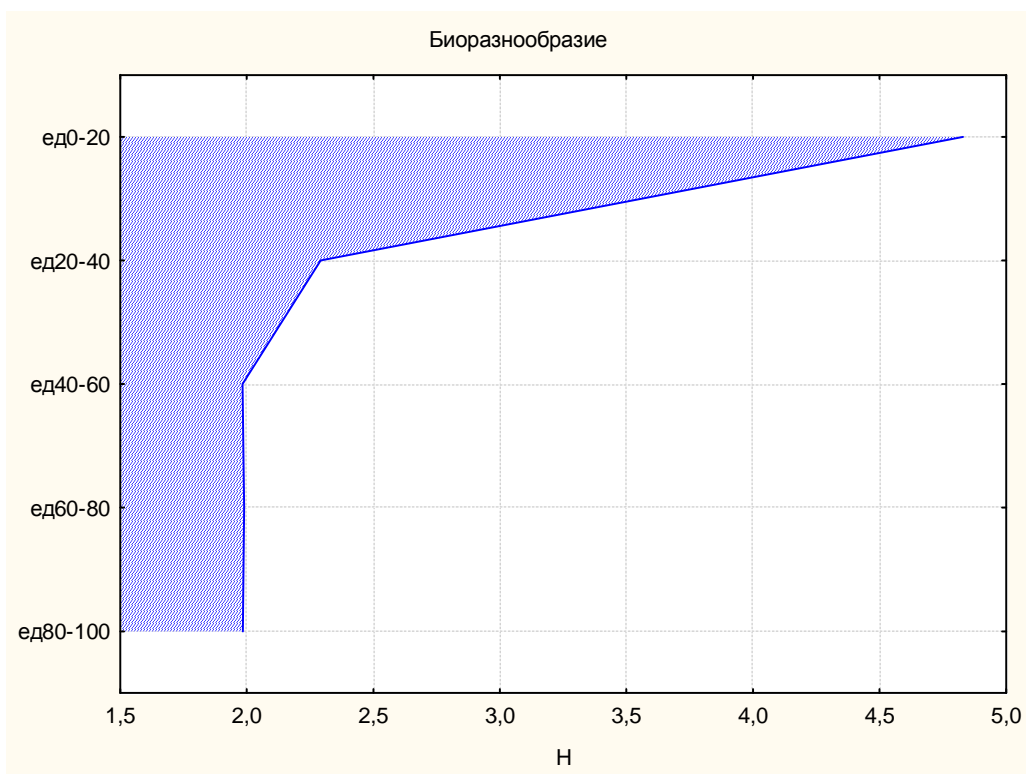
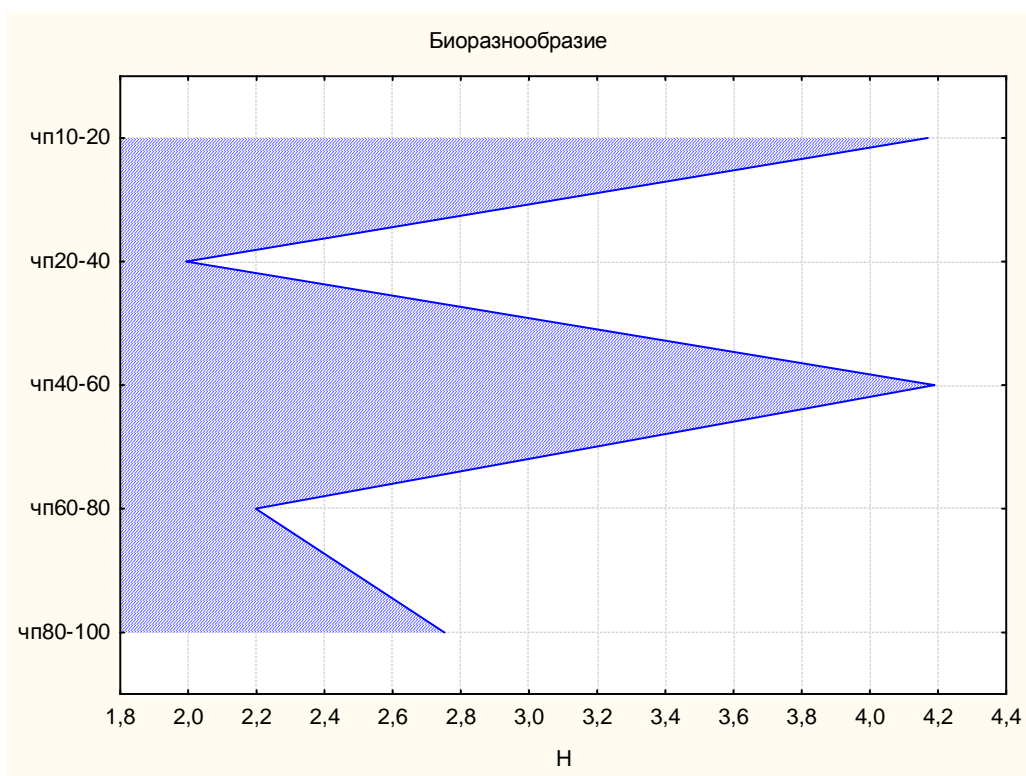


Рис. 2. Устойчивость микробиологического сообщества в почве сада (Обозначения: чп – черный пар; ед – задернение почвы естественно растущими травами)

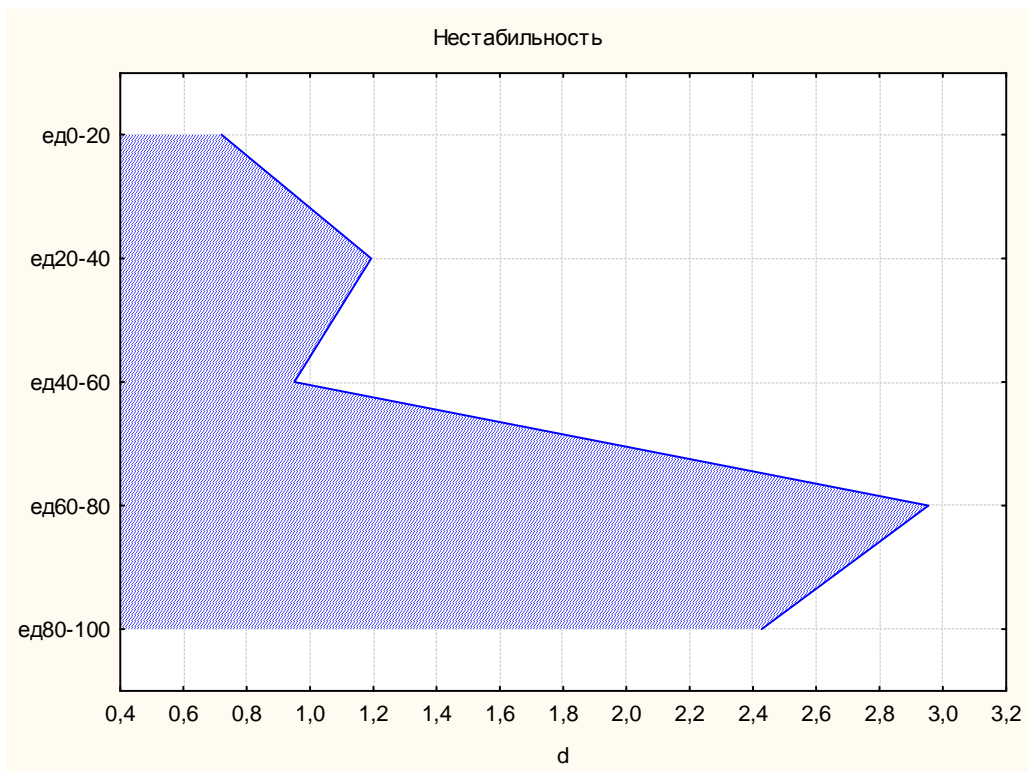
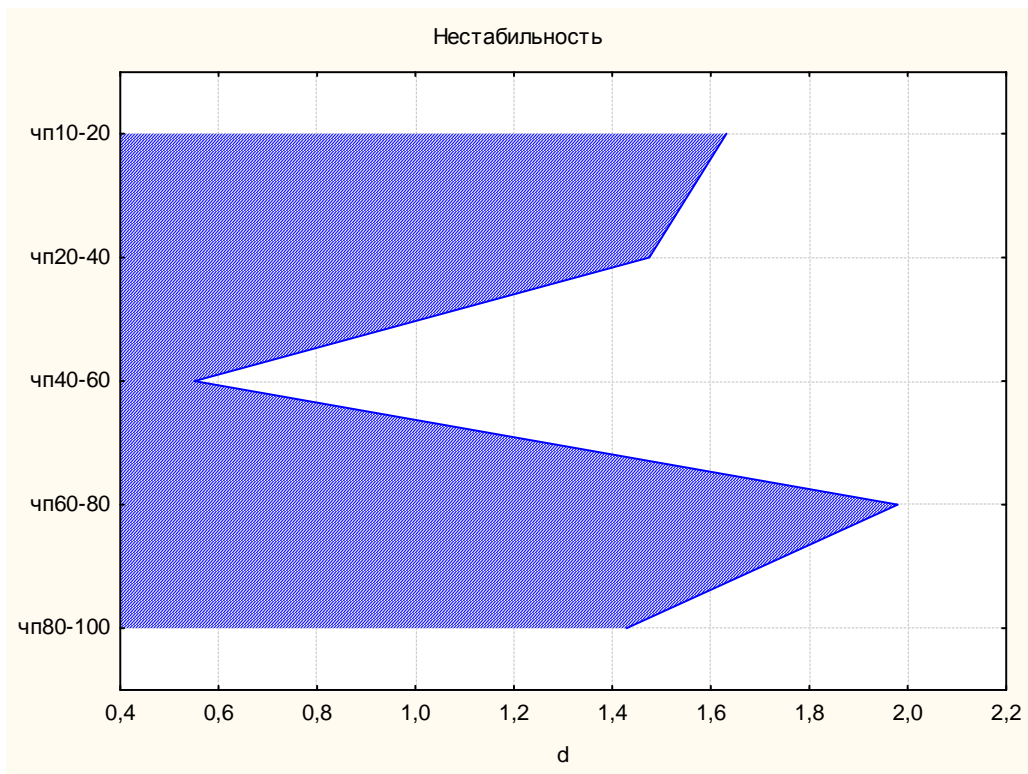


Рис. 3. Стабильность микробиологического сообщества почвы сада  
 (Обозначения: чп – черный пар; ед – задернение почвы  
 естественно растущими травами)

Для представления о сходстве и различиях образцов был проведен кластерный анализ (Эвклид-Вард). Как видно из рис. 1, выделяются две крупных значимых группы микробных сообществ: верхнего слоя почвы черного пара и средних под естественным задернением и более глубокие слои почвы.

Для сравнительной оценки благополучия выделенных групп, на основании полученных спектров потребления субстратов, система «Эколог» рассчитала параметры функционального биоразнообразия и коэффициенты ранговых распределений – критерии нагрузки на экосистемы многолетних насаждений.

Для ранжирования объектов по степени благополучия использовали интегральный индекс витальности:

$$G = (N / N_{\max} * 100) / d,$$

где  $N_{\max}$  – количество тест-субстратов (47);

$N$  – количество потребленных субстратов (мера разнообразия);

$d$  – коэффициент рангового распределения, отражающий устойчивость сообщества.

Высокие значения интегрального индекса здоровья почв ( $G$ ) характерны для богатых и устойчивых систем и наоборот.

На рис. 2 представлены профили исследуемых почв по этому параметру. Как видно наиболее значительно отличаются верхние слои почвы.

В изученных нами микробных системах почв многолетних насаждений наиболее информативным оказался коэффициент  $d$ , отражающий стабильность сообщества. В *устойчивых стабильных* системах он должен составлять от 0.1 до 0.4.

В наших опытах установлено, что значительно отличаются верхние горизонты профиля почвы в саду – стабильность почвенно-биотического сообщества под естественно растущими травами лучше. Однако, согласно

градациям, в целом ценозы многолетних культур относятся к кризисным дестабилизированным системам.

**Выводы.** Таким образом, выявлены закономерности изменения показателей почвенно-биотического комплекса многолетних насаждений при длительной монокультуре, мобилизующих биогенные элементы из состава органических растительных остатков, условиях их развития.

Увеличение разнообразия микрофлоры и почвенной мезофауны и микрофауны в почве под травами свидетельствует об обеспеченности почвы необходимыми питательными веществами и об устойчивости экосистемы сада в целом.

При задернении почвы в саду травами увеличивается мощность биологически активного слоя, что важно для плодовых культур, корневая система которых осваивает глубокие слои почвы.

На основе этих знаний разрабатываются методы снижения антропогенного влияния в многолетних насаждениях для сохранения плодородия почв.

### Литература

1. Попова, В.П. Плодородие чернозема в плодовом саду/ В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Н.Н. Сергеева // Земледелие. – 1999. – №3. – 11 с.
2. Попова, В.П. Биологическая активность почв в садовых агроценозах различной структуры/ В.П. Попова, А.А. Ворожбет, Л.А.Коростелева // Доклады РАСХН. – 2001. – №4. – С. 8-10.
3. Тейт, Р. Органическое вещество почвы / Р. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 399 с.
4. Кондратьев, К.Н. Экологические ресурсы продуктивности яблони в Поволжье/ К.Н. Кондратьев. – Саратов, 1991. – 167 с.
5. Бузверов, А.В. Оптимизация почвенного плодородия в садах Западного Предкавказья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук.– Краснодар, 1988.– 48 с.
6. Трунов, Ю.В. Минеральное питание и урожайность яблони на слаборослых клоновых подвоях / Ю.В. Трунов. – Мичуринск, 2003. – 189 с.
7. Агрэкология / Под ред. В.А. Черникова и А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 530 с.
8. Егоров, В.В. Некоторые вопросы повышения плодородия почв / В.В. Егоров // Почвоведение. – 1981. – № 10. – С. 71-79.
9. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев.– М.: Изд-во МГУ, 1991. – 381 с.
10. Кожевина, Л.С. О возможностях микробиологической характеристики почв и грунтов для геодинимической и санитарно-эпидемиологической оценки и прогноза/



Л.С. Кожевина, П.А. Кожевин, Г.Л. Кофф // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг.– М.: изд-во ГЕОС, 1995.– С. 43-47.

11. Лысак, Л.В. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификация почвенных бактерий / Л.В. Лысак, Т.Г. Добровольская, И.Н. Скворцова. – М.: МАКС Пресс, 2003.– 120 с.

12. Агротхимические методы исследований почв. – М.: Наука,1975. – 276 с.

13. Попова В.П. Агрэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем /В.П.Попова. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2005. – 242 с.

14. Горленко, М.В. Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ/ М.В. Горленко, П.А. Кожевин. – Москва: Макс Пресс, 2005. – 115 с.