

УДК 631.4:631.58:862.1

ИЗМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИГРАЦИОННО-МИЦЕЛЯРНЫХ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

КУТОВАЯ ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА,

К.С.-Х.Н., В.Н.С.,

ГРЕБЕННИКОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ,

Д.С.-Х.Н., В.Н.С.,

ФГБНУ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева", г. Москва

ЧЕВЕРДИН ЮРИЙ ИВАНОВИЧ,

д.б.н., зав. отделом

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально – Черноземной
полосы им. В.В. Докучаева» п. Каменная Степь Воронежской области

Аннотация. Проведены исследования по влиянию длительности использования миграционно-мицелярных агрочерноземов в земледелии на почвенную мезофауну, микробиологическую и ферментативную активность. Показано, что наиболее существенным изменениям в зависимости от длительности использования почв в земледелии подвержена мезофауна.

Ключевые слова: агрочерноземы, мезофауна, микробиологическая активность, ферменты

CHANGES OF THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE MIGRATIONAL-MIZELIAL AGROCHERNOZEMS THEIR USE IN AGRICULTURE.

Kutova Olga Vladimirovna**Grebennikov Aleksandr Mikhailovich****Cheverdin Yuri Ivanovich**

Abstract. The study on the effect of duration of migrational-mizelial agrochernozems in agriculture on soil macrofauna, microbiological and enzymatic activity. It is shown that the most significant changes depending on the duration of use of soils in agriculture is exposed macrofauna.

Key words: agrochernozems, macrofauna, microbiological activity, enzymes.

Большая роль в формировании плодородия миграционно-мицелярных агрочерноземов отводится состоянию и численности почвенной мезофауны, а также микробиологической и биохимической активности. Известна почвообразовательная функция мезофауны, особенно дождевых червей, в гумификации растительных остатков, оструктурировании почв и увеличении в них элементов питания растений [1]. Они не только непосредственно перерабатывают растительный опад, но и стимулируют активность полезной микрофлоры [2], во многом определяющей эффективное плодородие черноземов и подавление фитопатогенных микроорганизмов [3]. Почвенная мезофауна и микрофлора имеет большое значение

ние в обогащении почвы ферментами, витаминами и микроэлементами [4]. Ферментативная активность отражает состояние плодородия почв и внутренние изменения, происходящие при их сельскохозяйственном использовании. Однако, с другой стороны, агрогенное воздействие, часто сопровождаемое дегумификацией, разрушением структуры, чрезмерным уплотнением почв [5] может оказывать негативное влияние на биологические свойства агрочерноземов, что необходимо оценить и предусмотреть при необходимости меры по устранению этого влияния.

Объекты и методы исследования.

Для исследования влияния длительности земледельческого использования на численность и видовое разнообразие почвенных беспозвоночных были взяты участки косимой залежи (не распаханная 120 лет) и разновозрастных пашен (20, 60 и 120 лет использования) на миграционно-мицелиарных агрочерноземах.

Численность и видовое разнообразие почвенных беспозвоночных исследовали в конце апреля 2013 года методом почвенных раскопок с применением ручной разборки (площадь пробы 0,25 м²). Разборка проводилась в слоях 0-10, 10-20 см агрочерноземов [6]. Для анализа биологического разнообразия рассчитывали индексы видового богатства Маргалефа и Менхиника, показатель Жаккара, основанный на бинарной мере сходства [7], индекс сходства Сёренсена [8] и индекс биоразнообразия Шеннона [7].

Для определения микробиологической и ферментативной активности агрочерноземов разновозрастных пашен использовали классические культуральные и химические методы. Для культивирования бактерий использовали следующие среды: МПА, КАА, Чанека, Эшби, Виноградского, ГНД, ГА. Определяли активность фосфатазы, инвертазы, уреазы и каталазы.

Результаты и обсуждение.

В исследуемых почвах были обнаружены следующие представители мезофауны: дождевые черви (*Apporectodea caliginosa*), проволочники – личинки жуков-щелкунов (*Elaeidae*), многоножки отряда геофилы (*Myriapoda*, *Geophilomorpha*) и кивсяки (*Myriapoda*, *Julida*). Численность различных групп мезофауны в пахотном горизонте черноземных почв PU и в гумусово-аккумулятивном горизонте AU залежи послойно 0-10 см и 10-20 представлена в таблице 1.

Таблица 1
Встречаемость представителей мезофауны (экз/м²) в верхних горизонтах косимой залежи и разновозрастных пашен черноземных почв Каменной Степи

Исследуемые объекты	Глубина взятия образца, см	Представители мезофауны				Общая численность
		Дождевые черви (<i>A. caliginosa</i>)	Проволочники (личинки <i>Elaeidae</i>)	Многоножки (<i>Geophilomorpha</i>)	Кивсяки (<i>Julida</i>)	
Залежь 1882 г. (130 лет)	0-10	9	4	5	1	22
	10-20	1	1	1	0	
Пашня 1892 г. (120 лет)	0-10	8	0	0	0	11
	10-20	3	0	0	0	
Пашня 1952 г. (60 лет)	0-10	12	4	0	0	19
	10-20	2	1	0	0	
Пашня 1992 г. (20 лет)	0-10	34	2	2	2	46
	10-20	6	0	0	0	
Обилиевиды		75	12	8	3	98

Обнаружена четкая зависимость уменьшения численности дождевых червей с возрастом пашни: в почве 20-летней пашни их численность достигала 34 экз/м² в верхнем слое и 6 экз/м² в слое 10-20 см; в образцах 60-ти-летней пашни – 12 экз/м² и 2 экз/м² по слоям соответственно; самая низкая численность зафиксирована в пашне 1892 года (120 лет) – 8 экз/м² в верхнем слое 0-10 см и 3 экз/м² в нижнем изучаемом слое 10-20 см, что сопоставимо с количественными показателями численности червей в залежи – 9 экз/м² и 1 экз/м² соответственно по слоям. Такое уменьшение дождевых червей, сопряженное с возрастом пашни, вероятно, связано с выпаханностью изучаемых участков, увеличивающейся с возрастом пашни.

Многоножки геофилы чаще всего встречались на косимой залежи (5 и 1 экз/м² в верхнем и нижнем слое соответственно), в меньшей степени на пашне 20-летнего возраста (2 экз/м², обнаружены только в слое 0-10 см) и не были зафиксированы на старопашотных участках (возраст пашни 60 и 120 лет), что связано со значительным сокращением кормовых ресурсов этого вида в зависимости от возраста пашни [9].

Остальные представители почвенной мезофауны (проволочники и кивсяки) не проявляли каких-либо ясных тенденций изменения своей численности на участках с разновозрастными пашнями и косимой залежи. Экология этих беспозвоночных связана с питанием растительными компонентами, проволочники предпочитают живые подземные части растений – корни и молодые побеги, чем вредят сельскохозяйственным культурным растениям, кивсяки же являются истинными гетеротрофами и питаются разложившимися растительными остатками.

Как следует из табл. 1, в составе почвенных беспозвоночных абсолютно доминируют дождевые черви, что соответствует данным других исследователей почвенной мезофауны черноземных почв [1, 10].

Индексы видового богатства являются мерой оценки разнообразия сообщества. Большая величина индексов соответствует большему разнообразию. Как следует из таблицы 2, максимальные значения индексов Маргалефа (0.97) и Менхиника (0.85) соответствуют почвам залежи, варианта, наиболее приближенного к естественным черноземным почвам. Индексы видового богатства в пахотных почвах зависят от времени использования изучаемого участка – в «молодых» пашнях они приближены к максимальным значениям, в более «старых» – минимальны. Таким образом, видовое богатство разновозрастных пашен и залежи уменьшается в следующем порядке: косимая залежь → пашня 1992 г. (20 лет) → пашня 1952 г. (60 лет) → пашня 1892 г. (120 лет). Согласно индексу Маргалефа, 120-летняя пашня не обладает видовым богатством, на что указывает присутствие в этом варианте опыта только одного вида мезофауны – дождевых червей.

Таблица 2

Значения индексов биологического разнообразия в почвах залежи и разновозрастных пашен (0-20 см)

Исследуемые объекты	Индекс Маргалефа <i>D_{Mg}</i>	Индекс Менхиника <i>D_{Mn}</i>	Индекс Жаккара <i>I_{ja}</i>	Индекс Сёнренсена <i>Q_S</i>	Индекс Шеннона <i>H</i>
Залежь 1882 г. (130 лет)	0.97	0.85	-	-	1.2
Пашня 1892 г. (120 лет)	0	0.30	20.0	0.40	0
Пашня 1952 г. (60 лет)	0.34	0.46	33.3	0.67	0.57
Пашня 1992 г. (20 лет)	0.78	0.59	50.0	1.00	0.51

Не смотря на то, что все четыре вида беспозвоночных зарегистрированы как в залежи, так и в пашне 1992 года (20 лет), то есть видовое богатство в этих вариантах равнозначно, индексы Маргалефа и Менхиника выше в почвах залежи, что связано с более равномерным распределением или выравненностью, основанной на значимости видов и положении в структуре доминирования.

Среди индексов общности сообщества нами использованы индекс Жаккара и Сёренсена. Коэффициент Сёренсена (QS) равен 1 при абсолютном совпадении видов сравниваемых сообществ и равен 0, если общих видов в исследуемых образцах нет. Наиболее близки к природным почвам по сообществу мезофауны участки 20-летней пашни (QS = 1), виды в них полностью совпадают. Далее следует 60-летняя пашня (QS = 0.67) и меньше всего совпадений (QS = 0.40) в образцах почвы 120-летней пашни.

Значение индекса Жаккара (*I_{ja}*) также приближается к 1 при видовом совпадении, однако при этом учитывается уникальность и видовая особенность каждого образца. Распределение значений индекса Жаккара совпадает с таковыми для индекса Сёренсена. Таким образом, с увеличением возраста пашни схожесть биоценозов с вариантом «Косимая залежь» уменьшается, за годы вовлечения почвы в сельскохозяйственное производство происходит уменьшение встречаемости некоторых видов мезофауны.

Наиболее резко происходит уменьшение встречаемости видов мезофауны в первые десятилетия после вовлечения почвы в сельскохозяйственное производство, в дальнейшем со временем сокращение видового разнообразия происходит медленнее, что отражает способность агробиоценоза адаптироваться к антропогенному воздействию. Следует отметить, что снижение видового разнообразия во многом связано с ежегодным выращиванием одной полевой культуры. При этом возрастает жесткость экологических условий, в результате которой в составе агробиоценозов при наличии ограниченного набора экологических ниш, остаются лишь наиболее специфичные виды и группы почвенных животных [11]. К позитивному воздействию на видовое разнообразие почвенной мезофауны может привести увеличение поступления в почву органического вещества, что может быть достигнуто выращиванием смешанных посевов совместимых сидеральных культур [12 -14]. При этом по сравнению с чистыми посевами культур может значительно увеличиваться урожай сидератов [15] и количество поступающего в почву органического вещества [16], что приводит к возрастанию биологической активности агрочерноземов [17], улучшению условий питания последующих культур [18] и повышению уровня плодородия [19, 20].

Для установления зависимости некоторых свойств почв с численностью почвенных беспозвоночных, был проведен прямой корреляционный анализ этих показателей. Коэффициенты корреляции представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения коэффициентов корреляции между численностью представителей макрофауны и некоторыми свойствами черноземных почв

	Собщ. почвы, %	*ЛОВ, Собщ, %	Сгк, %	С фк, %	NO ₃ , мг / 100 г почвы	P ₂ O ₅ , мг / 100 г почвы	K ₂ O, мг / 100 г почвы	Влажность, %	КС
Дождевые черви (<i>A. caliginosa</i>)	-0.16	-0.52	-0.38	-0.46	0.38	0.07	0.32	0.73	0.001
Проволочники (личинки <i>Elateridae</i>)	0.39	0.03	-0.15	0.15	-0.35	0.02	0.04	-0.03	0.62
Многоножки (<i>Geophilomorpha</i>)	0.71	0.15	-0.23	0.46	-0.37	-0.65	-0.47	-0.16	0.94
Кивсяки (<i>Julida</i>)	0.20	-0.35	-0.43	-0.13	0.18	-0.27	0.02	0.47	0.37

*ЛОВ - лабильное органическое вещество; Сгк - углерод гуминовой фракции; Сфк - углерод фульватной фракции; КС – коэффициент структурности.

Достоверная зависимость некоторых почвенных характеристик обнаружена лишь с представителями дождевых червей и многоножек геофил, поскольку эти беспозвоночные являются истинными почвенными видами и их численность и активность непосредственно зависят от свойств почвы. Так, дея-

тельность дождевых червей тесно связана с почвенной влагой, эндогеинные виды, к которым относится *A. caliginosa*, требовательны к условиям увлажнения и при уменьшении почвенной влажности уходят вниз по профилю почвы и инкапсулируются [21, 22].

Связь общего углерода и лабильных органических веществ с численностью дождевых червей образует обратную зависимость. Это может быть обусловлено экологическими функциями собственно почвенных, среднеярусных дождевых червей *A. caliginosa*, которые относятся к «вторичным гумусообразователям». Этот вид червей может использовать в пищу лишь в значительной степени переработанный растительный материал, и, таким образом, их трофические предпочтения не зависят от содержания органического или лабильного углерода почвы.

Достоверная прямая зависимость обнаруживается между численностью многоножек геофил и общим содержанием органического углерода, а также коэффициентом структурности пахотной почвы. Величины коэффициентов корреляции с остальными исследуемыми свойствами не являются значимыми. Наличие прямолинейной зависимости между общим содержанием органического углерода и количеством многоножек *Geophilomorpha*, вероятно, опосредована, поскольку именно эти почвенные показатели являются определяющими для проживания более мелких животных, которые представляют собой пищу для многоножек. В свою очередь, микроартроподы обитают в полостях и ходах других животных и корней и активно передвигаются вдоль почвенного профиля [19], поэтому хорошо оструктуренные почвы с высоким содержанием органических веществ представляют для них прекрасное место обитания.

Остальные почвенные беспозвоночные – проволочники и кивсяки не образуют значимых связей со свойствами почвы. Поскольку эти представители мезофауны являются консументами растительных остатков и их численность зависит скорее от типа растительности на данном месте обитания, чем от почвенных свойств.

Различия по характеру связей со свойствами почв между многоножками – геофилами и кивсяками дают определенные основания отнести их к разным экологическим группам, первую из которых составляют представители почвенной мезофауны, участвующие в трофических отношениях с активными трансформаторами органического вещества и зависящие от гумусного и структурного состояния почвы, вторую – животные, не принимающие столь активного участия в процессах почвообразования.

Не смотря на то, что дождевые черви по значимости видов являются определяющими, а кивсяки занимают минорное положение, не стоит недооценивать отряд *Julida*, поскольку одним из наиболее вероятных сценариев изменения климата степных районов Центральной России является его аридизация [23]. В условиях потепления и уменьшения количества почвенной влаги следует ожидать возрастания значения многоножек в процессе переработки растительных остатков и их гумификации. Так, исследованиями М. Б. Патюты [11] показано, что на плакорных черноземах в составе мезофауны абсолютно доминировали дождевые черви, однако на склоне юго-восточной экспозиции, где условия увлажнения были хуже, а температура почв – выше, количество кивсяков значительно превышало численность дождевых червей.

Анализируя численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп, не выявлено закономерности по изменению микробиологической активности в зависимости от возраста пашни. Численность аммонификаторов, амилитиков, азотфиксирующих микроорганизмов и денитрификаторов была практически одинаковой в пахотных горизонтах всех исследуемых объектов (табл. 4).

Разница по объектам была обнаружена только в активности олиготрофов и мицелиальных форм микроорганизмов (актиномицеты, микроскопические грибы), причем их наибольшую активность наблюдали в пашне 1952 года (60 лет). Вероятно, увеличение численности актиномицетов и микромицетов связана с активной системой гидролитических ферментов этих организмов, которая необходима для минерализации труднодоступных органических веществ пожнивных остатков, присутствующих в почвах пашни 1952 после уборки кукурузы. Увеличение олиготрофов может быть показателем заключительного этапа разложения органических веществ, их численность увеличивается в тех зонах, где минерализация растительных остатков практически завершена [24, 25].

Таблица 4

Активность микроорганизмов различных эколого-трофических групп в почвах разновозрастных пашен.

Глубина взятия образца, см	Объект	lg, КОЕ/г почвы						Аэробн. азотфиксаторы, % образования почвенных частиц	Денитрификаторы, Σ lg КОЕ/г почвы
		Аммонификаторы	Амилолитики	Актиномицеты	Микромицеты	Олиготрофы	Анаэробные азотфиксаторы		
0 - 27	Пашня 1892 г. (120 лет)	6,15	6,20	5,27	4,20	4,45	2,13	100	9,00
	Пашня 1952 г. (60 лет)	6,19	6,39	6,11	5,15	5,62	2,25	100	9,05
	Пашня 1992 г. (20 лет)	6,12	6,14	5,20	4,35	5,15	2,20	100	9,86
27 - 40	Пашня 1892 г. (120 лет)	5,41	5,48	4,55	0	4,45	2,20	4	10,50
	Пашня 1952 г. (60 лет)	5,58	5,89	5,15	0	4,85	3,11	100	9,84
	Пашня 1992 г. (20 лет)	5,35	5,26	5,15	0	4,15	2,60	44	8,83

Достоверная разница по численности микроорганизмов зафиксирована между пахотным и подпахотным горизонтами исследованных почв. Количество аммонификаторов и амилолитиков, не зависимо от года использования черноземов под пашню, снижалось в нижних горизонтах всех исследуемых объектов. В почвах 120-ти-летней пашни (с 1892 г.) в подпахотном горизонте также отмечено ослабление активности актиномицетов и аэробных азотфиксаторов. В почвах 60-ти-летней пашни (с 1952 г.) – актиномицетов и олиготрофов. В почвах 20-ти-летней пашни (с 1992 г.) – олиготрофов, аэробных азотфиксаторов, денитрификаторов. Необходимо отметить, что почвенные микроскопические грибы встречались только в пахотных горизонтах черноземов, в нижних горизонтах они не обнаружены. Выявлена обратная тенденция увеличения количества клеток анаэробных микроорганизмов в нижних горизонтах по сравнению с пахотным слоем практически на всех площадках на средах, используемых для культивирования анаэробных микроорганизмов – среда Виноградского (анаэробные азотфиксаторы) и среда ГНД (микроорганизмов группы нитратного дыхания). Это объясняется наличием плужной подошвы, увеличением плотности почвы в этом слое [26] и, соответственно, уменьшение количества парциального кислорода, необходимого для существования аэробных микроорганизмов. При снижении конкуренции за пищевые ресурсы анаэробные формы стали занимать доминирующее положение. По этой же причине – уменьшение аэрации нижнего горизонта – там не обнаружены микромицеты, поскольку они являются сугубо аэробными микроорганизмами, требовательными к содержанию кислорода в почве.

Для определения возможных зависимостей между численностью микроорганизмов и почвенными свойствами рассчитывали коэффициенты корреляции. Было получено, что все микроорганизмы аэробного ряда образуют прямые связи с различными формами органического вещества исследуемой почвы. Однако, в связи с относительно небольшим количеством наблюдений, большинство этих коэффициентов не были значимы на 5 % уровне. Наиболее высокие значения коэффициентов корреляции были выявлены с общим содержанием органического углерода – от 0.63 до 0.94. При этом значимые коэффициенты соответствовали аммонификаторам и азотобактеру (аэробные азотфиксирующие орга-

низмы) 0.83 и 0.94 соответственно. Такая тесная связь этих представителей с содержанием органического вещества говорит об их прямой зависимости от гумусово-аккумулятивных процессов почвы и их участия в этих процессах.

В той же мере, что и с органическим веществом, большинство микроорганизмов было связано с содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Значимыми положительными величинами коэффициента корреляции характеризовались зависимости численности аммонификаторов и микромицетов от содержания обменного калия, активности актиномицетов от содержания подвижного фосфора. Количество аэробных азотфиксаторов практически никак не лимитировалось содержанием элементов питания в почвах. Разнонаправленной получилась оценка связи численности денитрификаторов и клостридий (анаэробных азотфиксаторов) от содержания элементов питания в почвах. Мы предполагаем, что главной детерминантой развития анаэробной части микробного сообщества является изменение физических свойств почвы: наличие анаэробных зон почвенных агрегатов [25], изменение структуры и уплотнение почвы и, особенно, плужной подошвы, влажность исследуемых объектов.

Активность всех исследуемых ферментов как в пахотном, так и подпахотном слое значительно снижалась непосредственно после распашки целинных почв. Однако, какой-либо ясной тенденции изменения активности ферментов в зависимости от возраста пашни обнаружено не было. Возможно, затушевывающее влияние на проявление этой зависимости оказали другие факторы, такие как влажность, содержание подвижного фосфора, нитратного азота и т.п. Так, например, активность фосфатазы была тесно связана с влажностью, содержанием подвижного фосфора и обменного калия (коэффициенты корреляции соответственно составили 0.90, -0.93 и -0.98), а активность инвертазы - с содержанием нитратного азота (коэффициент корреляции был равен -0.86).

Заключение.

При исследовании почвенной мезофауны была установлена доминирующая роль в ней дождевых червей, численность которых снижалась при увеличении возраста пашни. Однако, достоверная корреляционная зависимость численности дождевых червей от влажности почвы указывает на то, что этот фактор является лимитирующим для их развития уже в весенний период, когда почва является наиболее влажной. Отсюда следует, что при изменении климата, связанном с увеличением температуры и возрастанием степени аридизации, доминирующими могут стать другие представители почвенных беспозвоночных, например кивсяки, что может отразиться на процессах гумификации растительных остатков и почвообразования в целом. Было отмечено, что с увеличением возраста пашни происходит снижение видового разнообразия, которое наиболее резко уменьшается в первые десятилетия после распашки черноземов. Далее скорость уменьшения видового разнообразия резко снижается. что, по-видимому, связано с некоторой способностью почвенной биоты адаптироваться к агрогенному воздействию. К позитивному влиянию на видовое разнообразие почвенной мезофауны может привести выращивание смешанных посевов совместимых культур, что до определенной степени приближает агроценоз к естественному ценозу.

По полученным данным зависимость между активностью микроорганизмов различных эколого-трофических групп от возраста пашни не выявляется. Большинство исследуемых микроорганизмов обнаруживают тенденцию зависимости их численности от содержания углерода гумуса, подвижного фосфора и обменного калия. Отсюда следует, что активность микроорганизмов в весенний период лимитируется этими свойствами. Однако, значимые значения коэффициентов корреляции в указанных зависимостях достигаются достаточно редко. Влажность почвы, за исключением анаэробных части микробного сообщества, не являлась лимитирующим фактором развития микроорганизмов в рассматриваемый период. Факт зависимости численности микроорганизмов от содержания обменного калия и подвижного фосфора в почве означает, что эти микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности могут активно иммобилизовать указанные элементы питания в своей биомассе, чем может быть вызван дефицит фосфора и калия для сельскохозяйственных культур.

На величины активности исследуемых ферментов существенное влияние оказал сам факт первичной распашки, приводивший к снижению их значений. Ясных тенденций изменения активности исследуемых ферментов от возраста пашни получено не было.

Список литературы

1. Щеглов Д. И., Чаплыгин А. Ю., Говоров В. В. // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. 2006. № 2. С. 184 - 189.
2. Симонович Е.И. // Международный журнал экспериментального образования. Биологические науки. 2013. № 10. С. 108 - 109.
3. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М. 2005 г. С. 20 - 225 с.
4. Везденеева Л.С. Экологические аспекты применения биоудобрений на черноземе обыкновенном под многолетними травами в условиях Нижнего Дона.// Автореферат дис.на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Ростов-на-Дону. 2007. С. 2 - 20.
5. Иванов А. Л., Лебедева И. И., Гребенников А. М. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2013. В.72. С. 26 – 46.
6. Гиляров М.С. / Методы почвенно-зоологических исследований. - М. - Наука. - 1975. С. 7 - 11.
7. География и мониторинг биоразнообразия. М. 2002. С. 5 - 400.
8. Sörensen T. // Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Biol. krifter. Bd V. № 4. 1948. P. 1-34.
9. Кутовая О.В., Василенко Е.С., Тхакахова А.К., Павлюченко А.У. // Агрехимический вестник. 2013. - № 5. - С. 8-11.
10. Стриганова Б.Р. Изв. АН РАН. Сер.биол. 1995. N 2. С. 191-208.
11. Патюта М. Б. Почвенная мезофауна лесостепных и степных агроландшафтов Центрального Предкавказья.// Дис. на соискание ученой степени кандидата географических наук. Ставрополь. 2014. С. 5 - 150.
12. Гребенников А.М. Оценка взаимовлияния культур в смешанных посевах.// Агрехимия, 2003, №1, с. 68 – 73.
13. Кузнецова О.Ю., Гребенников А.М. Рекультивация земель и улучшение качества ее проектирования. // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. № 1. 2009. С. 42 – 45.
14. Гребенников А. М. Методические положения по выбору наиболее эффективных сидеральных агроценозов для воспроизводства плодородия типичных черноземов Центрально-черноземной зоны.: Метод. рекомендации. – М.: ГНУ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2011. – 53 с.
15. Гребенников А.М. Влияние смешивания посевов на вынос элементов минерального питания надземной массой растений в сидеральных сообществах.// Агрехимия, № 6, 2005, с. 26 - 35.
16. Гребенников А.М. Фитосанитарный аспект повышения плодородия черноземов сидеральными смесями.// Земледелие. № 3. 2011. С. 24 – 26.
17. Гребенников А.М. Влияние смешивания посевов на микробиологическую активность почв. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Выпуск 61. М. 2008. С. 75 - 82.
18. Гребенников А.М. Обеспеченность культур элементами минерального питания в смешанных посевах.// Агрехимия. № 5. 2004. с. 26 - 35.
19. Гребенников А.М. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в типичных черноземах ЦЧО под смешанными посевами. // Агрехимия. № 5. 2009. С. 13 - 21.
20. Гребенников А.М. Использование сидерации смешанными агроценозами для повышения плодородия типичных черноземов.// Плодородие. №2. 2011. С. 30 – 32.
21. Кутовая О.В. Влияние дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) на биоту и органическое вещество дерново-подзолистых почв при разных системах землепользования / автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. н. М. 2012. С. 3 - 25.
22. Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России. М. 1997. С. 4 - 100.
23. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России. М. 2009. С. 220 - 450.
24. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. М. 2001. С. 192–210.
25. Василенко Е.С., Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Мартынов А.С. // Бюллетень Почвенного института им В.В. Докучаева. 2014. Вып. 73. С. 85-97.
26. Францессон В.А. Избранные труды. Черноземные почвы СССР. М. 1963. С. 115 - 205.