

Рус.УДК631.461:631.445.42631.871(571.14)

Содержание мортмассы и биодинамика пахотной почвы в условиях реальных агротехнологий в Сибири

Данилова А.А.

Аннотация:

На основе обзора литературных данных и результатов собственных исследований проследили динамику изменения биологических свойств при переводе целинной почвы в пахотную и ее длительном сельскохозяйственном использовании. В этом случае неизбежная потеря подвижной части органического вещества приводит к стабилизации свойств почвы, в том числе биологических, на более низком уровне. В этих условиях применение экономически обоснованных доз удобрений для оптимизации питания растений способствует повышению содержания общего углерода (гумуса) в почве не более чем на 0,1—0,2 абсолютных процента. Наличие при этом вероятности существенного повышения негумифицированной части почвенного органического вещества (ПОВ, мортмассы) открывает возможность регуляции экологически значимых сторон биодинамики почв путем изменения количества поступающих растительных остатков. Установлено, что в Приобье на выщелоченном черноземе в условиях почвозащитного земледелия повышение содержания $S_{\text{морт}}$ в верхнем слое почвы до 1500 мг С/кг против 900 на вспашке привело к повышению токсигенности грибов и снижению порога чувствительности микроорганизмов к воздействию пестицидов. Парование почвы нивелировало этот эффект. Показано также, что рост количества пожнивных остатков до 5 раз (2,2; 6,5; 7,2; 9,5 т/га в год), в течение 10 лет способствовал повышению содержания мортмассы в 2 раза (400, 690, 880, 1040 мг С/кг), показателей биологической активности примерно на 30–50%. При этом увеличение детоксикационной активности почвы не было прямолинейным. Точкой оптимума была доза растительных остатков, равная 6—6,5 т/га в год, обеспечивающая детоксикацию пестицидов в пределах текущего вегетационного периода. Таким образом, в условиях реальных агротехнологий существует возможность оптимизации экотоксикологической ситуации в почве за счет собственных ресурсов агроценоза.

Ключевые слова: органическое вещество почвы, мортмасса, агроценоз, чернозем, биологическая активность почвы, детоксикация пестицидов

Eng. *The content of mortmass and biodynamics of arable soil under conditions of real agrotechnology in Siberia*

Danilova A.A.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 630501 Novosibirsk oblast. Krasnoobsk, a/b 356

Danilova7alb@yandex.ru

Abstract:

We reviewed the literature data and the results of our own research in order to show the dependence of the ecologically significant biological properties of the soil on the content of the mortmass. The transfer of virgin soil to arable land leads to the mineralization of mobile organic matter stocks. In the long-term arable soil, all properties, including biological ones, stabilize at a lower level in comparison to the virgin soil. The use of fertilizers for plant nutrition can increase the total soil organic carbon content by only 0.1-0.2%. But the increase of mortmass carbon content can be more significant. Consequently, we have the opportunity to influence the biodynamics of the soil by changing of plant residues amount in the soil. In conditions of 4 grain-crop rotations, the influence of 4 doses of stubble wheat residues (2,2; 6,5; 7,2; 9,5 t/ha in year) on soil properties was studied. In 10 years after the beginning of the observations, the amount of mortmass was accordingly equal to 400, 690, 880, 1040 mg C/kg. The indicators of the biological activity of the soil increased by about 30-50%. The relationship between the biological activity indicators and the detoxification activity of the soil was not straightforward. The most optimal dose of plant residues from ecological and agrotechnological positions was a dose equal to 6,5 t / ha, which provided detoxification of pesticides within the current growing season. Thus, there is the possibility to optimize the ecotoxicological situation in the arable soil at the expense of the agrocenosis's own resources.

Key words: Soil organic carbon, plant residues, mortmass, biological activity, detoxification activity of the soil.

С изменением содержания органического вещества и его основного компонента – гумуса связано формирование свойств и режимов почвы. Органическое вещество является фактором почвенного плодородия, способствующим оптимизации жизненно важных для растений свойств почвы, и признано основным критерием ее качества [8,11,18]. Сообщество

почвенных микроорганизмов является составной частью и основным фактором переработки почвенного органического вещества (ПОВ). Изменяя состояние последнего, микробное сообщество почвы (МСП) проходит закономерные этапы сукцессии. Известно большое число публикаций по данной проблеме. Для систематизации накопленных знаний необходима своеобразная расстановка их по определенной «красной линии». В качестве таковой мы приняли динамику $C_{\text{орг}}$ при переводе целинной почвы в пахотное состояние и длительном использовании в сельскохозяйственном производстве.

Динамика ПОВ при переходе от целинного состояния к распашке и дальнейшей эксплуатации была представлена в виде специфической кривой [10, 12] (рис.1). В результате многолетних наблюдений ряда авторов каждый участок этой схемы при первом приближении был количественно описан. Установлено, что при освоении целины неизбежные потери $C_{\text{орг}}$ за первые 100 лет составляют примерно 25—30% от исходного уровня [4]. Истощение запасов мобильных фракций органического вещества в условиях пашни способствует стабилизации содержания $C_{\text{орг}}$. При отсутствии эрозии достигнутый уровень может сохраняться достаточно длительный срок. Был показан механизм стабилизации содержания $C_{\text{орг}}$ как против резкого понижения, так и против резкого повышения показателя при изменении количества поступающего растительного вещества. В первом случае негумифицированное органическое вещество (мортмасса, детрит) выступает как буфер против минерализации гумифицированной части ПОВ [13]. Во втором – при поступлении свежих растительных остатков вспышка активности микробного комплекса за короткий срок удаляет из почвы основную часть поступившего углерода в виде CO_2 . Этот процесс был количественно оценен на примере выщелоченного чернозема Приобья [17].

То есть стабильность содержания $C_{\text{орг}}$ в почве обеспечивается за счет подвижного равновесия, не допускающего как резкое снижение, так и повышение показателя. Основным действующим агентом в этом процессе являются микроорганизмы. Вследствие эффективности работы этого механизма, попытки существенного повышения содержания $C_{\text{орг}}$ в почве при помощи экономически обоснованных агротехнических мероприятий в целом не увенчались успехом [13, 23, 27].



Рис.1 – Обобщенная схема возможных изменений содержания Сорг в пахотном слое после распашки целины [12]

Динамику микробного сообщества при сельскохозяйственном использовании почвы можно рассмотреть как сукцессию вслед за изменением содержания органического вещества. Изменение МСП при освоении целины в целом выглядит следующим образом. Перемешивание многолетних запасов органических остатков с минеральной частью почвы приводит к резкому повышению скорости минерализационных процессов и через достаточно короткий период времени наблюдаются заметные изменения в составе МСП. Перевод целины в пахотное состояние приводит к понижению общей биомассы микроорганизмов, прежде всего, за счет снижения доли грибов, повышению доли культивируемой части в общей численности [6, 7 др.]. При этом понижение биологического разнообразия в пахотных почвах в сравнении с целинными аналогами сопровождается снижением микробиологических различий между типами почв. Последний тезис, в свое время сформулированный Е.Н. Мишустиным в 1966 году [5] на основе посевов на питательные среды, позже был подтвержден при помощи молекулярно-генетических методов

[1]. В этих условиях облик МСП стабилизируется, и длительное время, при отсутствии резких изменений в агротехнологии, может оставаться относительно стабильным. Jun Cui et al. [24], в результате молекулярно генетического анализа пахотных почв возрастом до 500 лет на Лессовой равнине Китая установили, что резкие изменения в составе бактериального сообщества после освоения целины происходят в пределах первых десятилетий, затем наступает равновесие, сохраняющееся в течение столетий. По данным Ding et al., [20 21] этот период может быть еще более продолжительным. Так, в почвах рисовых полей на дельте реки Янцзы состав микробного населения почв через 300, 1000 и 2000 лет после освоения оказался близким, достоверно отличаясь от исходной почвы и пашни возрастом 50 лет.

В настоящее время большинство пахотных почв по состоянию органического вещества находится в стадии его стабилизации, когда основной запас ПОВ представлен относительно устойчивой к воздействию микроорганизмов фракцией. В этих условиях обеспечение достаточной урожайности культур невозможно без применения минеральных и органических удобрений. Как было показано, применение последних в экономически приемлемых дозах может обеспечить повышение $C_{\text{орг}}$ примерно на 0,1—0,2% в абсолютных процентах, на 8—10 % – в относительных [14]. При этом пределы изменения негумифицированной части ПОВ (мортмассы) могут быть значительно шире [15]. То есть, в условиях реальных агротехнологий регулирование биологических свойств почвы возможно преимущественно за счет изменения содержания именно этой фракции ПОВ.

Значимость этой фракции ПОВ значительно возрастает в условиях современных агротехнологий, предусматривающих применение широкого спектра химических средств регулирования продукционного процесса и защиты растений. Здесь мы подходим к другой, наиболее значимой со всех точек зрения функции микробного сообщества – способности к поддержанию стабильности в почвенной системе и биосфере в целом. В частности, поддержанию экотоксикологического равновесия в агроценозе при применении пестицидов. Как известно, в настоящее время примерно 50% сельскохозяйственной продукции в мире получают и сохраняют за счет применения пестицидов. К 2016 г. в мире список официально регламентируемых пестицидов включал 19400 наименований [25], в России в 2015 г. применялся спектр средств защиты растений и продукции на основе примерно 200 д.в. [26]. Вся эта масса пестицидов разлагается в почве преимущественно под воздействием микроорганизмов.

Отметим, что в то время как работ, связанных с изучением микробного сообщества в качестве регулятора питательного режима почвы, достаточно много [22], исследований по способности его к стабилизации экотоксикологической ситуации в окружающей среде сравнительно меньше. Причина этого во многом связана с методическими сложностями. В частности, со специфичностью детоксикации конкретного соединения в окружающей среде. Для решения последней проблемы в мире развивается новое направление в биотехнологии, заключающееся в поиске в природе или выведении генно-инженерными способами специализированных видов и сообществ микроорганизмов, разлагающих соответствующие группы пестицидов. Однако, как отмечают авторы последних по времени обзоров литературы [19, 26], исследования по данному направлению, несмотря на наличие серьезных успехов, остаются пока на лабораторном уровне. Основная причина заключается в том, что специализированные микроорганизмы в почвенных условиях не выдерживают конкуренцию с автохтонным сообществом и быстро теряют активность. Следующим способом очищения почвы от пестицидов является стимуляция собственной микробиоты почвы путем внесения дополнительных источников питания – азота, фосфора, микроэлементов, низких доз простых источников углерода (лактаты, сукцинаты, цитраты и др.). Однако на пути использования этих методов также стоит ряд сложных проблем. Отметим, что в названных выше обзорах речь обычно идет об очищении почв с достаточно высоким уровнем загрязнения. Относительно сибирских почв речь идет скорее о способах предотвращения накопления остаточных количеств пестицидов. В этих условиях актуально изучение возможности использования собственных ресурсов агроценоза для решения экотоксикологических проблем. Для этого необходимы количественные экспериментальные сведения по взаимосвязи факторов, позволяющие обосновать соответствующие мероприятия, которые должны быть достаточно эффективными, технологичными, экономически приемлемыми в условиях реальных агротехнологий.

В наших исследованиях на протяжении 5 ротаций пятипольного зернопарового севооборота на черноземе выщелоченном в Приобье было установлено, что накопление мортмассы в поверхностном слое почвы при безотвальных способах обработки почвы (до 1500 мг С/кг против 900 на вспашке) сопровождалось повышением в сравнении со вспашкой токсичности пестицидов для почвенных микроорганизмов и накоплением токсинообразующих грибов, что косвенно свидетельствовало об увеличении «времени жизни» агрохимиката в почве. Однако парование позволяло преодолеть эти негативные моменты [2].

При этом оставалось неясным, есть ли в условиях реальных агротехнологий возможность регулировать скорость детоксикации пестицидов? В результате многолетних исследований нам удалось получить положительный ответ на этот вопрос. Мы определили пределы возможности агротехнических способов регуляции биодинамики пахотной почвы путем изменения содержания или состава органического вещества для повышения экотоксикологической устойчивости агроценоза [3].

При исследовании зависимости различных свойств почвы, в том числе биологических, от содержания органического вещества обычно работают с образцами почв, отобранными с различных многолетних опытов. В качестве эталона для сравнений обычно принимают целинные или залежные аналоги соответствующих почв. Данный подход оказался чрезвычайно продуктивным для исследования самых разнообразных аспектов изменения ПОВ при сельскохозяйственном использовании почвы. Однако, на наш взгляд, такой подход недостаточно информативен для целей разработки конкретных агроэкологических рекомендаций для условий реальных агротехнологий.

Для поиска подходов к решению этой проблемы необходимы исследования в условиях специальных многолетних опытов, где различный уровень содержания органического вещества создан естественным путем при помощи многолетнего регулирования количества поступающего растительного вещества. Такой опыт был заложен недалеко от г. Новосибирска в 2001г. СибНИИЗиХ РАСХН под руководством доктора биологических наук И.Н. Шаркова. Схема опыта была подробно изложена ранее [15]. Эксперимент включал 4 зернопаровых севооборота. Трехпольные зернопаровые севообороты различались набором культур и количеством поступающих в почву растительных остатков.

В первом севообороте (чистый пар – пшеница – пшеница) солома удалялась с полей путем сжигания.

Во втором (чистый пар – пшеница – пшеница) – солома измельчалась и рассеивалась по полю.

В третьем (вико-овес на зеленую массу – пшеница – пшеница) – зеленая масса вико-овса удалялась с поля, а солома также измельчалась и рассеивалась по полю.

В четвертом севообороте (вико-овес на сидерат–пшеница–пшеница) – биомасса вико-овса и солома пшеницы заделывались в почву.

В каждом севообороте было 2 уровня удобрений: 1) U_0 – без применения удобрений; пшеница – N_0 , вторая пшеница – N_{40} 3) U_2 – в паровом поле 45 кг/га P_2O_5 , первая пшеница – N_{40} , вторая пшеница – N_{80} .

Из результатов этого опыта следует, что в условиях реальных агротехнологий путем изменения количества поступающих растительных остатков в течение 10 лет не удалось получить статистически достоверное увеличение содержания $C_{орг}$. При этом содержание углерода мортмассы между вариантами с минимальным и максимальным количеством поступающего растительного вещества различалось почти в 2 раза (табл.1). Интересен тот факт, что изменение в содержании фракций ПОВ не влияло на урожайность яровой пшеницы в многолетнем опыте (табл. 2). То есть с точки зрения товаропроизводителя, оставлять на поле пожнивные остатки не имеет экономического смысла. Как известно, экономические и экологические цели в сельскохозяйственном производстве очень часто находятся в противоречии. В этих условиях необходим поиск оптимального сочетания интересов товаропроизводителя и эколога.

Таблица 1 – Содержание фракций органического вещества в черноземе выщелоченном после трех ротаций зернопаровых севооборотов [15]

Вариант полевого опыта	В среднем по вариантам У0 и У2		
	Поступление растительных остатков, т С/га в год	С общ., %	$C_{морт}$, мг/кг
Чистый пар + удаление соломы с поля	0,99	3,56	440
Чистый пар + оставление соломы на поле	2,57	3,66	690
Занятый пар + оставление соломы на поле	3,01	3,71	880
Сидеральный пар + оставление соломы на поле	3,8	3,79	1040
НСР 05		0,36	140

Итак, исследование на многолетнем опыте показали следующее. Как и следовало ожидать, увеличение количества поступающего растительного вещества (ПРВ) способствовало повышению показателей биологической активности почвы. Согласно результатам обработки данных методом главных компонент, по уровню биологической активности почвы изученные 8 вариантов опыта образовали 3 кластера и, по мере снижения

уровня активности, представляли следующий ряд: 1) сидеральный пар (Y_0 и Y_2) + Y_2 занятый пар; 2) Y_0 занятый пар + Y_2 оставление; 3) Y_0 удаление соломы + Y_0 оставление соломы + Y_2 удаление соломы (рис.2).

Таблица 2 – Урожайность зерна яровой пшеницы в среднем за 4 ротации трехпольных севооборотов (2004—2015 гг.), т/га [16]

Вариант полевого опыт	Варианты					
	Пшеница после пара			Пшеница после пшеницы		
	N_0P_0	N_0P_{45}	$N_{40}P_{45}$	N_0	N_{40}	N_{80}
Чистый пар + удаление соломы с поля	3.48	3.60	3.82	2.66	3.03	3.29
Чистый пар + оставление соломы на поле	3.43	3.59	3.66	2.71	3.04	3.28

Как видно из рис.2, при удалении соломы облик МСП в целом не зависел от уровня удобрённости. В этом же кластере находился вариант с внесением соломы без удобрений. Наиболее активна была почва на фоне сидерального пара, в эту группу также входил вариант занятого пара на Y_2 . Промежуточное положение занимали два варианта: занятый пар Y_0 и оставление соломы Y_2 , что очевидно связано с особенностями динамики отношения C:N. Судя по величине критерия Фишера, фактор «вариант» (количество поступающего растительного вещества) имел преимущественное значение для трех показателей из 10 изученных: углерода микробной биомассы, протеазной активности почвы и числа КОЕ сапротрофного микробного сообщества. Очевидно, что два последних показателя в некоторой степени взаимосвязаны, так как отражают различные стороны одного процесса – разложения азотоорганических соединений. Влияние фактора «вариант» на показатели активности микробного комплекса почвы (разложение целлюлозосодержащего материала и нитрификация в накопительной культуре) было достоверным, но доля его в динамике показателей была ниже, чем фактора «удобрённость». Изученные показатели в среднем за 3 года учетов в ряду вариантов: удаление соломы – оставление соломы – занятый пар –

сидеральный пар составили следующие ряды (в % от варианта с сидеральным паром):

углерод микробной биомассы: 70 – 80 – 90 – 100;

уреазная активность: 50 – 50 – 90 – 100;

протеазная активность: 50 – 70 – 90 – 100;

инвертазная активность: 70 – 70 – 90 – 100;

фосфатазная активность: 30 – 70 – 90 – 100;

число КОЕ сапротрофного микробного сообщества: 70 – 70 – 80 – 100;

число КОЕ автотрофных нитрификаторов: 80 – 70 – 60 – 100;

активность нитрификации в накопительной культуре: 80 – 70 – 100 – 100;

разложение целлюлозы за вегетационный период: 50 – 80 – 100 – 100.

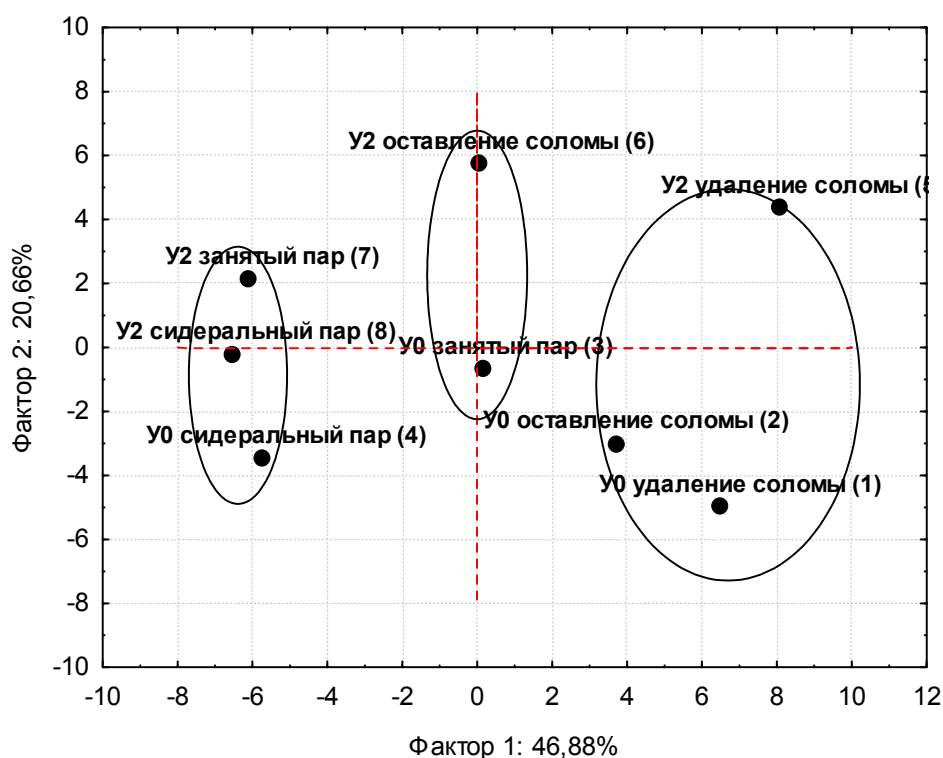


Рис. 2 – Расположение вариантов опыта на зернопаровом севообороте в координатах главных компонент (в скобках номер варианта)

Расчеты выполнены на основе динамики 10 показателей биологической активности почвы (для каждого показателя $n=9$)

Таким образом, при увеличении количества поступающего ежегодно растительного опада до 5 раз в условиях зернопарового севооборота за 10 лет биогенность исследуемой почвы можно повысить на 30—50%. Связь между количеством поступающего растительного вещества,

соответственно и мортмассы, с уровнем биологической активности была прямо пропорциональной.

Представляет интерес при этом как соотносится уровень биогенности почвы с уровнем ее детоксикационной активности.

Из итогов наших наблюдений, обобщенных в виде рис.3, следует, что повышение количества поступающего растительного вещества от 2,5 до 6,5 т/га в год сопровождалось повышением скорости детоксикации гербицида (метсульфурон метил) в 2 раза. Дальнейшее увеличение биомассы опада до 9,5 т/га не приводило к соответственной интенсификации процесса, что было связано со снижением биодоступности пестицида вследствие фиксации последнего на растительных остатках. То есть стабильной положительной корреляции между уровнем биогенности почвы и ее детоксикационной способностью не было обнаружено.

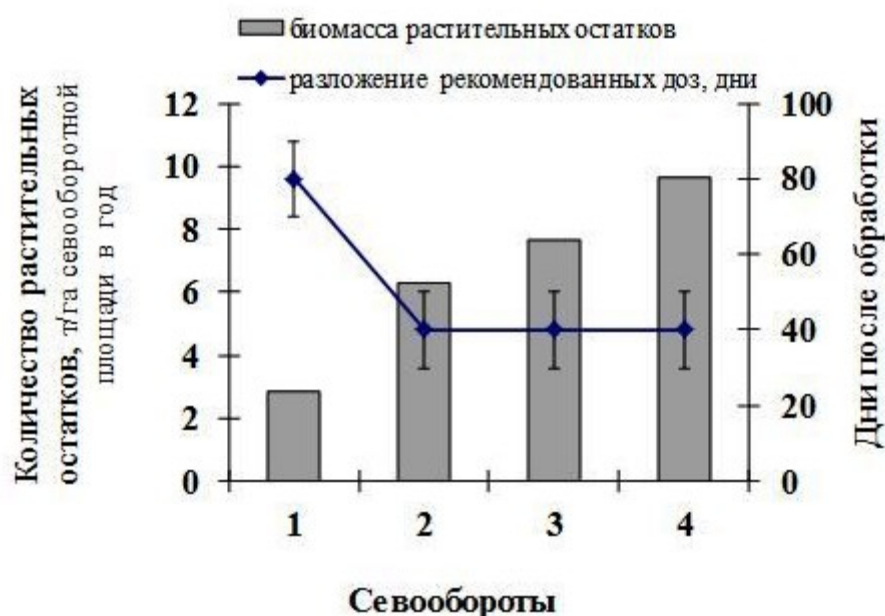


Рис.3 – Скорость детоксикации пестицида (метсульфурон метил) в черноземе выщелоченном Приобья в зависимости от количества поступающих растительных остатков

1 – Чистый пар + удаление соломы с поля; 2 – Чистый пар + оставление соломы на поле; 3 – Занятый пар + оставление соломы на поле; 4 – Сидеральный пар + оставление соломы на поле

Таким образом, экспериментально показано, что в условиях реальных агротехнологий существует способ повышения детоксикационной активности почвы до уровня, достаточного для очищения почвы от пестицидов в пределах текущего вегетационного периода. Для этого необходимо увеличение количества поступающего в почву растительного вещества от 2,5 до 9,5 т/га в год, что позволяет повысить биогенность почвы 30—50%. При этом количественная оценка характера зависимости между содержанием мортмассы и уровнем детоксикационной активности почвы позволила найти точку баланса интересов экологических и экономических. А именно, в условиях зернопаровых севооборотов на выщелоченных черноземах Приобья для повышения уровня детоксикационной активности почвы до уровня, обеспечивающего разложения пестицидов в пределах текущего вегетационного периода достаточно оставить на поле всю нетоварную часть урожая в количестве около 6—6,5 т/га что соответствует средней урожайности зерна яровой пшеницы 2,5—3,0 т/га.

Заключение

На основе обзора литературных данных и результатов собственных исследований динамики изменения биологических свойств почвы при переводе целинной почвы в пахотную, установлена неизбежная потеря подвижной части органического вещества, что приводит к стабилизации свойств почвы, в том числе биологических. В этих условиях применение экономически обоснованных доз удобрений для оптимизации питания растений, способствует повышению общего углерода (гумуса) в почве не более чем на 0,1—0,2 абсолютных процента. Наличие при этом вероятности существенного повышения негумифицированной части (мортмассы) ПОВ открывает возможность регуляции биодинамики почв путем изменения количества поступающих растительных остатков. Показано, что в условиях Приобья повышение количества последних до 5 раз в течение 10 лет способствовало повышению показателей биологической активности выщелоченного чернозема примерно на 30—50%. При этом возрастание детоксикационной активности почвы не было прямолинейным. Точкой оптимума, была доза растительных остатков, равная 6—6,5 т/га в год. Таким образом, в условиях реальных агротехнологий существует возможность оптимизации экотоксикологической ситуации за счет собственных ресурсов агроценоза.

Список литературы

1. Верховцева Н.В., Ларина Г.Е., Спиридонов Ю.Я., Степанов А.Л., Осипов Г.А. Микробные консорциумы почв агроценозов разных природных зон России с учетом их сельскохозяйственного использования//Проблемы агрохимии и экологии, 2008. № 2. – С.37—43.
2. Данилова А.А. Биологические свойства и детоксикационная активность чернозема выщелоченного Приобья в зависимости от количества поступающего растительного вещества // Агрохимия, 2012. № 9. – С. 64—70.
3. Данилова А.А. Сочетание естественных и антропогенных факторов в формировании свойств выщелоченного чернозема при почвозащитной обработке //Агрохимия, 2013. №11. – С. 45—53.
4. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА,1993. – 97с.
5. Мишустин Е.Н. Географический фактор, почвенные типы и их микробное население // Микрофлора почв северной и средней части СССР. М.: Наука, 1966. – С.3—23.
6. Паринкина О.М., Ключева Н.В. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании//Почвоведение. 1995, №5. – С.573—581.
7. Полянская Л.М., Лукин С.М., Звягинцев Д.Г. Изменение состава микробной биомассы в почве при окультуривании// Почвоведение. 1997, №2. – С.206—212.
8. Семенов В.М., Когут М.Б. Почвенное органическое вещество. М.: Геос, 2015. – 233 с.
9. Состояние загрязнения пестицидами объектов окружающей среды Российской Федерации в 2015 г. Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2016. –72 с.
- 10.Тейт Р. III. Органическое вещество почвы. М.: Мир, 1991. – 399 с.
11. Чимитдоржиева Г.Д. Органическое вещество холодных почв. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. – 384с.
- 12.Шарков И.Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах //Агрохимия, 2011, №12. – С.21—27.
- 13.Шарков И.Н., Букреева С.Л., Данилова А.А. Роль легкоминерализуемого органического вещества в стабилизации запасов углерода в пахотных почвах//Сибирский экологический журнал, 1997, Т.4. №4. – С. 363—368.

14. Шарков И.Н., Данилова А.А. Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах // *Агрохимия*, 2010, №12. – С.72—81.
15. Шарков И.Н., Самохвалова Л. М., Мишина П. В., Шепелев А. Г. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири // *Почвоведение*. 2014, № 4. С. – 473—479.
16. Шарков И.Н., Колбин С.А., Прозоров А.С., Самохвалова Л.М. Плодородие чернозема выщелоченного и урожайность яровой пшеницы при многолетнем удалении соломы с поля в лесостепи Западной Сибири// *Агрохимия*, 2016. №11. – С.1—18.
17. Шепелев А.Г. Минерализация и баланс углерода в черноземе выщелоченном в условиях зерновых агроценозов лесостепи Приобья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. – 21 с.
18. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., Deyn G.D., Goede R., Fleskens L., Geissen V., Kuiper T.W., Mäder P., Pulleman M., Wijnand Sukkel W., Groenigen J.W., Brussaard L. Soil quality – A critical review// *Soil Biology and Biochemistry*, 2018. V. 120. – P. 105—125.
19. Cyco M, Mrozik A, Piotrowska-Seget Z. Bioaugmentation as a strategy for the remediation of pesticide-polluted soil: A review// *Chemosphere*, 2017. V. 172. – P. 52—71.
20. Ding J., Jiang X., Ma M., Zhou B., Guan D., Zhao B., Zhou J., Fengming Cao F., Li L., Li J. Effect of 35 years inorganic fertilizer and manure amendment on structure of bacterial and archaeal communities in black soil of northeast China // *Applied Soil Ecology*, 2016. V.105. – P.187–195.
21. Ding L-J., Su J-Q., Li H., Zhu Y-G., Cao Z-H. Bacterial succession—along a long-term chronosequence of paddy soil in the Yangtze River Delta, China // *Soil Biology & Biochemistry*, 2017. V. 104. – P.59—67.
22. Geisseler D., Scow K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms. Review // *Soil Biology & Biochemistry*, 2014. V.75. – P.54—63.
23. Johnston A.E., Poulton P.R., Coleman K., Macdonald A. J., White R.P. Changes in soil organic matter over 70 years in continuous arable and ley–arable rotations on a sandy loam soil in England // *European Journal of Soil Science*, 2017. V.68, N3. P. 305—316.
24. Jun Cui, Han Meng, Ming Nie , Xueping Chen, Zhaolei Li, Naishun Bu, Bo Li, Jiakuan Chen, Zhexue Quan, Changming Fang Bacterial succession during 500 years of soil development under agricultural use // *Ecol. Res.*, 2012. V.27. – P.793—807.

25. Li Z., Jennings A. Worldwide Regulations of Standard Values of Pesticides for Human Health Risk Control: A Review // *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017. V.14, N7. – P.826—867.
26. Morillo E, Villaverde J Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils // *Science of the Total Environment*, 2017. V.586. – P. 576—597.
27. Paul E.A. The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. Review // *Soil Biology & Biochemistry*, 2016. V.98. – P.109—126.

Spisok literatury

1. Verxovceva N.V., Larina G.E., Spiridonov Yu.Ya., Stepanov A.L., Osipov G.A. Mikrobnye konsorciумы pochv agrocenozov raznyx prirodnyx zon Rossii s uchetom ix sel'skoxozyajstvennogo ispol'zovaniya // *Problemy agroximii i e'kologii*, 2008. № 2. – С.37—43.
2. Danilova A.A. Biologicheskie svojstva i detoksikacionnaya aktivnost' chernozema vyshhelochennogo Priob'ya v zavisimosti ot kolichestva postupayushhego rastitel'nogo veshhestva // *Agroximiya*, 2012. № 9. С. – 64–70.
3. Danilova A.A. Sochetanie estestvennyx i antropogennyx faktorov v formirovanii svojstv vyshhelochennogo chernozema pri pochvozashhitnoj obrabotke // *Agroximiya*, 2013. №11. S. – 45-53.
4. Kiryushin V.I., Ganzhara N.F., Kaurichev I.S., Orlov D.S., Titlyanova A.A., Fokin A.D. *Koncepciya optimizacii rezhima organicheskogo veshhestva pochv v agrolandshaftax*. M.:Izd-vo MSXA,1993. - 97s.
5. Mishustin E.N. Geograficheskij faktor, pochvennye tipy i ix mikrobnое naselenie // *Mikroflora pochv severnoj i srednej chasti SSSR*. M.: Nauka, 1966. – S.3–23.
6. Parinkina O.M., Klyueva N.V. Mikrobiologicheskie aspekty umen'sheniya estestvennogo plodorodiya pochv pri ix sel'skoxozyajstvennom ispol'zovanii // *Pochvovedenie*. 1995, №5. – С.573-581.
7. Polyanskaya L.M., Lukin S.M., Zvyaginцев D.G. Izmenenie sostava mikrobnой biomassy v pochve pri okul'turivanii // *Pochvovedenie*. 1997, №2. – S.206 – 212.
8. Semenov V.M., Kogut M.B. *Pochvennoe organicheskoe veshhestvo*. M.: Geos, 2015. – 233s.
9. *Sostoyanie zagryazneniya pesticidami ob"ektov okruzhayushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 g*. *Ezhegodnik*. Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MCD», 2016. –72 s.

10. Tejt R. III. Organicheskoe veshhestvo pochvy. M.: Mir, 1991. – 399s.
11. Chimitdorzhieva G.D. Organicheskoe veshhestvo xolodnyx pochv. Ulan-Ude': Izd-vo BNC SO RAN. – 384s.
12. Sharkov I.N. Konceptsiya vosпроизводства gumusa v pochvax//Agroximiya. 2011, №12. – S.21–27.
13. Sharkov I.N., Bukreeva S.L., Danilova A.A. Rol' legkomineralizuemogo organicheskogo veshhestva v stabilizacii zapasov ugleroda v paxotnyx pochvax//Sibirskij e'kologicheskij zhurnal. 1997, T.4, №4. – С. 363–368.
14. Sharkov I.N., Danilova A.A. Vliyanie agrotexnicheskix priemov na izmenenie sodержaniya gumusa v paxotnyx pochvax//Agroximiya. 2010, №12. – S.72 – 81.
15. Sharkov I.N., Samoxvalova L. M., Mishina P. V., Shepelev A. G. Vliyanie pozhnivnyx ostatkov na sostav organicheskogo veshhestva chernozema vyshhelochennogo v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Pochvovedenie. 2014, № 4. S. – 473–479.
16. Sharkov I.N., Kolbin S.A., Prozorov A.S., Samoxvalova L.M. Plodorodie chernozema vyshhelochennogo i urozhajnost' yarovoj pshenicy pri mnogoletnem udalenii solomy s polya v lesostepi Zapadnoj Sibiri// Agroximiya 2016, №11. – S.1–18.
17. Shepelev A.G. Mineralizaciya i balans ugleroda v chernozeme vyshhelochennom v usloviyax zernovyx agrocenozov lesostepi Priob'ya: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2011. – 21 s.
18. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., Deyn G.D., Goede R., Flessens L., Geissen V., Kuyper T.W., Mäder P., Pulleman M., Wijnand Sukkel W., Groenigen J.W., Brussaard L. Soil quality – A critical review// Soil Biology and Biochemistry, 2018. V. 120. – P. 105—125.
19. Cyco M, Mroziak A, Piotrowska-Seget Z. Bioaugmentation as a strategy for the remediation of pesticide-polluted soil: A review// Chemosphere, 2017. V. 172. – P. 52—71.
20. Ding J., Jiang X., Ma M., Zhou B., Guan D., Zhao B., Zhou J., Fengming Cao F., Li L., Li J. Effect of 35 years inorganic fertilizer and manure amendment on structure of bacterial and archaeal communities in black soil of northeast China //Applied Soil Ecology, 2016. V.105. – P.187–195.
21. Ding L-J., Su J-Q., Li H., Zhu Y-G., Cao Z-H. Bacterial succession—along a long-term chronosequence of paddy soil in the Yangtze River Delta, China // Soil Biology & Biochemistry, 2017. V. 104. – P.59—67.
22. Geisseler D., Scow K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms. Review // Soil Biology & Biochemistry, 2014. V.75. – P.54—63.

23. Johnston A.E., Poulton P.R., Coleman K., Macdonald A. J., White R.P. Changes in soil organic matter over 70 years in continuous arable and ley–arable rotations on a sandy loam soil in England // *European Journal of Soil Science*, 2017. V.68, N3. P. 305—316.
24. Jun Cui, Han Meng, Ming Nie , Xueping Chen, Zhaolei Li, Naishun Bu, Bo Li, Jiakuan Chen, Zhexue Quan, Changming Fang Bacterial succession during 500 years of soil development under agricultural use // *Ecol. Res.*, 2012. V.27. – P.793—807.
25. Li Z., Jennings A. Worldwide Regulations of Standard Values of Pesticides for Human Health Risk Control: A Review // *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017. V.14, N7. – P.826—867.
26. Morillo E, Villaverde J Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils // *Science of the Total Environment*, 2017. V.586. – P. 576—597.
27. Paul E.A. The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. Review // *Soil Biology & Biochemistry*, 2016. V.98. – P.109—126.