

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Л.В. Кирейчева, д.т.н., Т.Ю. Пуховская, к.б.н.,
ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»
127434, Россия, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп.2,
e-mail:pukhovskaya@inbox.ru

Определены принципиальные особенности и критерии отнесения агротехнических технологий к природоподобным. Показаны перспективные направления применения природоподобных технологий и преимущества использования агрогенных источников органического вещества – сельскохозяйственной побочной продукции, соломы, пожнивно-корневых остатков, сидератов, как быстро воспроизводимых, безопасных, экологических источников пополнения органического вещества почвы и комплексных удобрительных органоминеральных смесей на основе сапропеля. Обосновано применение природоподобных технологических приемов регулирования агрохимических и агрофизических параметров почвенного плодородия с учетом свойств почвы.

Ключевые слова: природоподобные технологии, плодородие почвы, почвенная матрица, агрохимические и агрофизические показатели, пожнивно-корневые остатки.

Для цитирования: Кирейчева Л.В., Пуховская Т.Ю. Природоподобные технологии для повышения плодородия почвы// Плодородие. – 2024. – №3. – С. 10-14. DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-10-14. EDN: CBFGSD.

Цель настоящих исследований – определить основные принципы и критерии отнесения агротехнических технологий к природоподобным, оценить современное состояние использования природоподобных технологий для повышения почвенного плодородия и перспективы их развития.

Для повышения эффективности государственной научно-технической политики и обеспечения технологической независимости и конкурентоспособности страны был издан Указ «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации» №818 от 2 ноября 2023 г.

В сфере сельского хозяйства для повышения эффективного использования земельных ресурсов и снижения развития деградационных процессов на сельскохозяйственных землях требуется разработка новых инновационных технологий, к которым можно отнести природоподобные. Для обоснования основных критериев и показателей отнесения технологий к природоподобным в настоящей работе рассмотрены агротехнические и агро-мелиоративные технологии восстановления и повышения почвенного плодородия.

Под природоподобными понимаются технологии, максимально использующие биоклиматический потенциал, возобновляемые источники углерода и снижающие поступление биогенных элементов в геологический круговорот, тем самым уменьшая антропогенную нагрузку на природный объект. Широкое использование указанных технологий позволит предотвратить снижение плодородия почв и другие деградационные процессы, которые к настоящему времени привели к сокращению площади пашенных земель на 18 и более млн га. По последним данным, 51,7% пахотных почв являются слабогумусированными, 43,8 нуждаются в первоочередном известковании, 24,3 имеют очень низкое и низкое содержание подвижного фосфора, 11,5 с низким и очень низким содержанием калия, водной и ветровой эрозии подвержено около 28,2 % пахотных почв [1]. Кроме того, около половины сельскохозяйственного производства ведется по экстенсивным технологиям, эксплуатирующим почвенное плодородие, что приводит к потере

энергетического ресурса почвы и недобору валовой продукции растениеводства в 3-5 раз по сравнению с мировым уровнем [2].

Ответом на нарастающие проявления устойчивых нарушений основных свойств почвы стало развитие биологизации земледелия, основанной на естественно-природных механизмах. Дальнейшее развитие агротехнологий должно базироваться на биосферных принципах включения антропогенных процессов в природные. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве используют, хотя и недостаточно широко, агротехнологии, которые по показателям и критериям соответствуют природоподобным технологиям. Показатели и критерии природоподобных технологий приведены ниже.

| Основные показатели и критерии отнесения к природоподобным технологиям | Современные агротехнологии, использующие следующие приемы |
|--|---|
| Максимально возможное использование биоклиматического потенциала (увеличение фотосинтетического периода) | Промежуточные, бинарные культуры, севообороты |
| Повышение интенсивности биологического круговорота | Использование побочной продукции – растительных остатков |
| Поступление питательных веществ из природных источников | Навоз, компосты, растительные остатки, зеленое удобрение, биологический азот, микробные препараты |
| Использование приемов, основанных на природных механизмах | Мульчирование почвы, минимальная обработка, прямой посев, поверхностное компостирование |
| Использование возобновляемых источников углерода и энергии | Пожнивно-корневые остатки, зеленое удобрение |
| Предотвращение потерь элементов питания и сработки гумуса | Кальцийзащитные и гумусообразующие севообороты, применение удобрительных органоминеральных смесей |

Основная задача природоподобных технологий – создание самоподдерживающейся за счёт природных факторов почвенной среды, способствующей расширенному воспроизводству гумуса и регулированию потоков

минеральных веществ такими приемами как применение систем севооборотов с высокой долей многолетних трав, микробиологических удобрений и средств защиты растений, внесение органических удобрений, запахивание растительных остатков и зеленых удобрений [3]. Перспективными направлениями можно считать разработку технологий, оказывающих комплексное воздействие на взаимосвязанные агрохимические, агрофизические и микробиологические показатели почвенного плодородия, включающих несколько природоподобных приемов, обладающих синергетическим действием, в результате применения которых не только поступает источник органического вещества, но и стимулируется процесс гумусообразования.

По своему воздействию на почвы природоподобные технологии можно классифицировать на: почвоулучшающие, почвосберегающие, противозерозионные, восстанавливающие почвенную структуру, снижающие антропогенное воздействие в результате применения микробиологических сообществ.

К *почвоулучшающим* агротехнологиям относятся все приемы, связанные с пополнением органического углерода. Для поступления органического вещества в почву предпочтительнее агрогенные источники: сельскохозяйственная побочная продукция, солома, пожнивно-корневые остатки, зеленое удобрение, вермикомпосты из-за быстрой воспроизводимости и относительно низкой энергоемкости производства. Количество растительных остатков определяется биологическими особенностями растений и условиями произрастания, так растительные остатки озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве составляют 4,0 т/га сухого вещества, кукурузы на силос – 3,0, ячменя – 2,5, однолетних трав – 2,2, картофеля – 1,5 т/га. У многолетних трав масса корней увеличивается с возрастом: сухая масса корней клевера 1-го года пользования – 3 т/га, клевер + тимофеевка 2,9; 2-го года пользования – 5,8 и 6,2 соответственно; 3-го года пользования – 6,1 и 7,0 т/га. Зависимость массы корней (у) от массы надземной части (х) описывается уравнением регрессии: $y = 0,23x + 35,1$ [4].

В условиях Нечерноземной зоны наибольшее количество сухой массы органического вещества оставляют многолетние травы – люпин многолетний до 8,0 т/га, козлятник и люцерна до 7 т/га, что положительно сказывается на балансе гумуса (табл. 2) [5].

2. Поступление в почву растительных остатков и баланс гумуса

| Культура | Сухая масса остатков, т/га | Баланс гумуса, (±), ц/га | Степень отрицательного воздействия на гумус почвы, % |
|--|----------------------------|--------------------------|--|
| Люпин многолетний | 6,0-8,0 | +6,6 | - |
| Клевер с тимофеевкой 2 лет пользования | 4,5-5,6 | +5,7 | - |
| Клевер 2 лет пользования | 4,5-5,6 | +6,3 | - |
| Козлятник | 5,5-7,0 | +5,5 | - |
| Озимые зерновые | 2,5-3,2 | -6,4 | 28 |
| Яровые зерновые | 1,5-2,5 | -5,6 | 25 |
| Картофель | 1,0-1,8 | -13,8 | 60 |

Степень отрицательного воздействия на гумус у корневых корнеплодов 63 %, кукурузы на силос – 72,

яровой пшеницы – 24, однолетних трав (вика+овес) – 19%. Это связано с низким поступлением растительных остатков от данных культур – 1,2-1,8; 1,5-2,8; 1,5-2,5; 2,0-3,0 соответственно [5].

По результатам многочисленных исследований [4, 5], при доле многолетних трав 40-50 % в ротации севооборота обеспечивается положительный баланс гумуса. На тяжелосуглинистых серых лесных почвах многолетние травы в качестве предшественника увеличили урожай озимой пшеницы на 10 ц/га. На дерново-подзолистых супесчаных почвах выращивание пшеницы после клевера с тимофеевкой увеличило выход зерна с 0,9 до 16,4 ц/га [5].

Одним из наиболее доступных ежегодно возобновляемых ресурсов органического вещества является солома. Ежегодно образуется около 120 млн т соломы, что значительно превышает объемы использования и создает проблемы с ее утилизацией, особенно с учетом снижения потребности применения в животноводстве [6]. Солома до 86 % состоит из органического вещества, включающего значительное количество целлюлозы, пентозанов и лигнина – основных материалов для синтеза различных фракций гумусовых веществ и является ценным источником его пополнения в почве. В воздушно-сухой массе соломы злаковых культур содержится 0,5-0,7 % азота, 0,2-0,3 фосфора (P_2O_5), 0,8-1,5 калия (K_2O), 0,28-0,38 кальция (CaO), солома бобовых более богата азотом – 1,0-1,2 и кальцием – 1,0-1,46 %, которые становятся доступными для растений после ее минерализации [4]. Существующая в некоторых хозяйствах практика сжигания соломы на поле приводит к выгоранию гумуса почвы на глубину до 5 см, в результате теряется от 12 до 25 % его общего количества. Отчуждение соломы яровой пшеницы с поля приводит к дефицитному балансу углерода в выщелоченном черноземе (минус 752 кг С/га), а запахивание соломы уменьшает этот показатель в 8,5 раз, что позволяет в трехпольном зернопаровом севообороте обеспечить близкий к бездефицитному баланс углерода [7].

Важным приемом повышения почвенного плодородия и источником поступления свежего органического вещества непосредственно на месте его применения является сидерация. Сидераты по питательной ценности не уступают навозу, но дешевле, не нуждаются в транспортировке и максимально реализуют биоклиматический потенциал, повышая коэффициент полезного использования солнечной энергии на 20-25%. Перспективными для самостоятельных посевов можно считать люпин однолетний, донник белый и желтый, сераделлу и редьку масличную, которые обеспечивают накопление биомассы 526, 420, 334, 402 и 462 ц/га, что соответствует по органическому веществу 55, 49, 46, 40, 44 т/га подстилочного навоза. Промежуточная сидерация продлевает вегетацию после уборки ранних и озимых зерновых культур. Для получения дополнительно зеленого удобрения пожнивны сидераты, такие как редька масличная, сурепица, перко, фацелия, люпин узколистный, должны за короткий период вегетации накапливать достаточную биомассу, урожай их по органическому веществу эквивалентен 30, 28, 25, 14, 17 т/га подстилочного навоза [5].

К *почвосберегающим и восстанавливающим* структуру природоподобным технологиям можно отнести приемы, предохраняющие почву от разрушения в результате эрозии, предотвращающие потери элементов

питания и сработку гумуса, такие как использование специализированных севооборотов, мульчирование, посев культур-фитомелиорантов.

Для обеспечения устойчивости почвенной структуры и как обязательное условие образования и накопления гумуса, обеспечения буферных свойств необходимо поддерживать кальциевый резерв почвы. В условиях сельскохозяйственного производства кальций легко теряется из почвы с инфильтрационными водами при промывном режиме увлажнения, при внесении физиологически кислых, преимущественно азотных, удобрений отчуждается растительной продукцией. Потери кальция от вымывания с инфильтрационными водами превышают вынос урожаем сельскохозяйственных культур в среднем в 4 раза, особенно на легких и не защищенных растительным покровом почвах. Из почвы под чистым паром теряется за 3 года до 700 кг/га кальция, при выращивании овощных и пропашных культур – до 500 кг/га.

Приемы сохранения кальция в почве должны быть направлены на: снижение миграции кальция при фильтрации осадков благодаря развитой корневой системе растений; повышение водоудерживающей способности почвы за счет внесения органических удобрений, торфа, сапропеля, растительных остатков; максимальное использование периода вегетации для создания постоянного растительного покрова за счет введения в севооборот многолетних трав, промежуточных и пожнивных культур, сокращения площадей паровых полей; запахивание в почву растительной массы, в частности соломы растений с высоким содержанием кальция.

Благодаря своим биологическим свойствам клевер, люцерна и другие многолетние травы играют фитомелиоративную роль: развитая корневая система уменьшает фильтрацию осадков, осуществляя «биологический дренаж», предотвращая вынос кальция из корнеобитаемого слоя, так корни люцерны проникают на глубину 2 м; извлекают кальций из подпахотного горизонта, чему во многом способствуют специфические корневые выделения, перераспределяя его в поверхностный слой [5].

Перспективными фитомелиорантами являются силфиция пронзеннолистная, корневая система которой может проникать до глубины 2 м в почву с высокой плотностью – 1,78 г/м³, а также козлятник восточный, развитая корневая система которого, достигая глубины около 1 м, оказывает эффективное разрыхляющее воздействие. Это способствует повышению водопроницаемости и улучшению структурного состояния почвы. Так, на 4-й год пользования количество водопрочных агрегатов в пахотном и подпахотном горизонтах под козлятником увеличилось, соответственно, на 10,0 и 6,4%, а на 10-й год – на 20,6 и 15,9% и сохранялось в течение 3 лет после распахивания. Особая ценность козлятника как фитомелиоранта заключается в повышении плодородия почвы путем дополнительного гумусонакопления и создания больших запасов основных элементов питания. В опытах ВНИИМЗ после распахивания козлятника 8-10 годов пользования в почве оставалось 28-30 т/га корневой массы, содержащей 550-590 кг/га азота, 104-112 фосфора и 210-220 кг/га калия.

Содержание кальция в соломе люпина, гречихи, гороха, рапса высокое – 0,97; 0,95; 1,82; 2,00 CaO % в сухой массе соответственно, что позволяет использовать их в удобрительных целях для пополнения запасов этого элемента [4].

Кальцийсберегающее действие многолетних трав усиливается с применением органического удобрения. Введение на черноземном фоне в севооборот 10 % многолетних трав снизило дозу внесения извести в 2,5 раза, а при сочетании с внесением 8 т/га навоза необходимость в известковании отсутствовала, увеличение доли бобовых трав до 20% дало возможность уменьшить дозу внесения навоза до 4 т/га для получения такого же эффекта.

Введение в севооборот пожнивных посевов уменьшает вымывание кальция из почвы до 35%. Посев горчицы белой на дерново-подзолистой почве после уборки основной культуры – ячменя, благодаря удлинению вегетации и увеличению урожая растительной массы в 1,5 раза, снизило вымывание кальция в 1,6 раза, а также других элементов: калия в 2-3 раза, нитратного азота в 3-5 раз.

Почвосберегающие мероприятия для предотвращения и борьбы с эрозией должны быть направлены на: повышение водопроницаемости и влагоемкости почвы; подбор сельскохозяйственных культур, скрепляющих корневой системой мощный слой дернины; формирование водопрочной почвенной структуры; создание продолжительного растительного покрова; уменьшение поверхностного стока.

Мульчирование поверхности почвы трудноразлагаемыми побочными продуктами сельскохозяйственного производства, такими как лузга, солома злаков, стебли подсолнечника, торф, опилки, навоз, кора деревьев – эффективный прием природоохранного земледелия, направленный на защиту от эрозионных процессов путем создания рыхлого впитывающего поверхностного слоя, регуляцию температурного режима почвы, биологическую защиту от сорных растений. Мульчирующий слой является аналогом листовому опад и отмершей траве, закрывающим почву в естественных экосистемах.

Создание мульчирующего слоя из соломы приводит к повышению содержания почвенной влаги и снижению коэффициента водопотребления культур. В исследованиях [8] отмечается, что при температуре 18°C и сумме осадков 646 мм для сохранения почвенной влаги требуется слой соломы массой 10-15 т/га, а при среднегодовой температуре 11 °C и годовой норме осадков 932 мм достаточно 2 т/га.

Мульчирование участков почвы, расположенных с уклоном более 1-2°, снижает эрозионные потери почвы за счет увеличения инфильтрации и уменьшения поверхностного стока. Противозэрозионная защита мульчирующего слоя зависит от гранулометрического состава почвы и массы мульчи – при уклоне 5° и осадках 90 мм/ч в варианте без мульчи на пылеватом суглинке, иловатом суглинке и суглинке сток составил 19; 45 и 39 мм соответственно. Мульчирование массой 2 т/га уменьшило сток до 12; 37 и 28 мм; 4 т/га – 2,0; 10,7 и 6,41 мм соответственно. Потери почвы находились в прямой зависимости от величины стока.

Противозэрозионная защитная роль многолетних трав связана с комплексным воздействием – они формируют рыхлую оструктуренную почву, а также скрепляют почву мощной корневой системой и практически круглогодично закрывают почвенную поверхность. Самыми хорошими полевыми культурами по способности улучшать почвенную структуру являются многолетние бобово-злаковые травосмеси, многолетние бобовые травы. Однолетние бобово-злаковые смеси менее эффективны из-за короткого

периода вегетации; из злаковых культур – озимые зерновые, с развитой корневой системой, удерживающие почву от разрушения в осенний и ранневесенний периоды; хуже всего влияют на почвенную структуру пропашные, за исключением кукурузы на силос.

Многолетние травы являются почвоулучшителями, благоприятно влияя на почвенную структуру, увеличивая в ней содержание водопорочных агрегатов. Так на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве на 3-й год выращивания клеверо-тимофеечной смеси количество водопорочных агрегатов (фракция >0,25 мм) увеличилось в 2,3 раза. Эспарцет улучшает структуру почвы, снижая ее глыбистость в зависимости от севооборота: наибольшая доля глыбистой (>10 мм) фракции почвенных агрегатов в верхнем (0-10 см) слое почвы отмечена в зернопаропропашном севообороте (19%), в зернотравянопропашном севообороте с 1-2 полями эспарцета она уменьшается до 14,4-16,8%, наименьшее её значение было в зерновом севообороте с одним (12,6%) и двумя (8,4%) полями эспарцета [9].

Устойчивость почвы у различных культур зависит от биологических особенностей культуры. У сахарной свеклы и кукурузы почвозащитная функция составляет 10-15%, у подсолнечника и картофеля 20-26, у яровых зерновых культур 40, у однолетних трав 50, у яровых культур с подсевом многолетних трав 60, у зернобобовых 60-65, у озимых зерновых с применением промежуточных культур – 70 и значительно выше всего она проявляется у многолетних трав – 82-100% [4].

Многолетние травы, смешанные посевы и промежуточные культуры должны составлять основу биологизированных противозерозионных севооборотов, например: 1 – многолетние травы 1-го года пользования; 2 – многолетние травы 2-го года пользования; 3 – озимая пшеница, 4 – люпин однолетний с подсевом клевера [4, 5].

Природоподобные технологии, снижающие антропогенное воздействие в результате применения микробиологических сообществ. Разработка технологий использования высокоэффективных и экологически безопасных биологических препаратов, предназначенных для оптимизации питания растений, позволяющих снизить антропогенную нагрузку в виде применения минеральных удобрений – одно из приоритетных направлений развития природоподобных технологий в современном земледелии. Биопрепараты усиливают минерализацию органического вещества, азотфиксацию, высвобождают дополнительное количество доступных элементов питания, повышают устойчивость культур к фитопатогенам и в суммарном воздействии увеличивают продуктивность и экологическую устойчивость агроценозов [9]. Ризосферные микроорганизмы являются частью биоценоза и влияют на растения, используя следующие механизмы: разрушение трудноразлагаемого органического вещества; косвенную стимуляцию при подавлении патогенной микрофлоры; симбиотическую или несимбиотическую фиксацию азота и обогащение им почвы; повышение доступности элементов питания, в первую очередь фосфора [10].

Микробиологические препараты на основе несимбиотических (ассоциативных диазотрофов) азотфиксирующих бактерий, представляют интерес в качестве источников биологического азота, способных обеспечить 30-107 кг/га, а по некоторым данным до 600 кг/га доступного азота [11]. Препараты ассоциативных бактерий применяют под многолетние травы, однолетние полевые

культуры из разных семейств. Действие инокуляции семян и клубней биопрепаратами ризоагрина (*Agrobacterium radiobacter*) и флавобактерин (*Flavobacterium*) равнозначно внесению азотных удобрений под озимые культуры и ячмень в дозе 30 кг/га, яровую пшеницу – 30-45, под кукурузу – 45-60, под картофель 40-45 кг/га [10]. Применение Азотовита увеличило содержание в почве не только азота ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$), составившего 26,5-27,9 мг/кг по сравнению с 17,4-18,5 мг/кг на контроле, но и фосфора, и калия. Фосфатмобилизующие микробиологические препараты приводят к увеличению количества доступных фосфора и калия из труднорастворимых минеральных форм из почвы и остаточных количеств ранее внесенных удобрений. В исследованиях [12] в варианте с применением Бактофосфина подвижного фосфора в почве содержалось 168,2-169,4 мг/кг, в сравнении с контролем – 150,0-156,0 мг/кг. Совместное применение Азотовита и Бактофосфина приводит к усилению действия препаратов, увеличивая содержание подвижных фосфатов до 170,5-172,0 мг/кг почвы.

Ризосферные ассоциативные микроорганизмы ризоагрина и флавобактерина борются с фитопатогенной микрофлорой, используя механизм конкуренции за источники углерода и энергии, а также выделяя антифунгицидные метаболиты. Поэтому их применение является перспективным методом контроля заболеваний корневой системы. Использование обоих препаратов равнозначно снижало поражение корневыми гнилями озимой тритикале, озимой пшеницы в 1,3-1,6 раза, особенно при бинарной инокуляции семян [10, 11].

Комплексное взаимоусиливающее воздействие оказывает совмещение нескольких приемов природоподобных технологий – запахивание в почву послеуборочных остатков зерновых культур и предварительная их обработка эффективными штаммами микроорганизмов-деструкторов (препараты Баркон, Байкал ЭМ-1, Багс, Микобакт, Алтасол). Это ускоряет процессы минерализации и способствует трансформации органического вещества в гумус, приводя к увеличению урожайности. Так, при применении Багса на соломе за 90 сут степень её минерализации увеличилась с 44 до 58 % в дерново-подзолистой почве и с 55 до 61 % в серой лесной, использование компенсирующей дозы азота увеличило этот показатель до 77 и 79%. Прибавка урожайности яровой тритикале при этом составила 1,7 ц/га в варианте солома + Багс по сравнению с неинокулированной соломой и 1,4 ц/га в варианте солома + Багс + N_{40} по сравнению с вариантом солома + N_{40} . Обработка стерни и соломы яровой тритикале биопрепаратами Баркон и Микобакт позволила получить прибавки урожайности ячменя 35 и 47 % соответственно, по сравнению с вариантом без обработки. Внесение биопрепаратов Баркон и Байкал ЭМ1 увеличило суммарные размеры минерализации углерода пшеничной соломы на 32 и 64 % соответственно [6]. Использование препаратов – деструкторов обосновано в зерновых севооборотах и при высоких дозах применения соломы. Таким образом, дальнейшее развитие в создании новых микробных препаратов становится важнейшим направлением применения природоподобных технологий для повышения почвенного плодородия.

Заключение. Предложенные показатели и критерии отнесения к природоподобным технологиям позволяют наметить направления дальнейших исследований и обеспечить разработку перспективных природоподобных технологий, в основе которых лежат механизмы

саморегуляции, свойственные природным экосистемам. Применение природоподобных технологий обеспечивает устойчивое гумусообразование за счет поступления в почву органического вещества и питательных элементов из естественных источников, повышение интенсивности биологического круговорота и максимальное использование биоклиматического потенциала, что будет способствовать расширенному воспроизводству почвенного плодородия и повышению устойчивости агроэкосистемы.

Литература

1. Доклад о состоянии и использовании сельскохозяйственных земель Российской Федерации в 2021 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 356 с.
2. Научные основы и технологические приемы комплексного регулирования параметров агроэкосистемы / Под ред. проф. Л.В. Кирейчевой – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», 2022 – 240 с.
3. Кирейчева Л.В., Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. Научно-практические рекомендации по применению природоподобных технологий для сохранения и повышения почвенного плодородия. – М.: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова», 2023. – 48 с.
4. Сычев В.Г., Лошаков В.Г., Мерзлая Г.Е., Романенков В.А. Воспроизводство плодородия почвы при зерновой специализации земледелия в Центральном районе Нечерноземной зоны (научно-практические рекомендации). – М.:ВНИИА, 2012.- 48 с.

5. Новиков М.Н. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне: (научно-практические рекомендации на примере Владимирской области) /Федер. госучреждение центр агрохим. службы "Владимирский" (ФГУЦАС "Владимирский"). – Владимир, 2004. – 259 с.
6. Русакова И.В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах // Владимирский земледелец. – 2021. – № 2. – С. 34-40.
7. Шарков И.Н., Андроханов В.А., Сохвалова Л.В., Антипина П.В. Влияние минимизации обработки на баланс углерода в почве в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ – 2023. – №1 (66) – С. 99-106.
8. Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта//Земледелие. – №1, 2020.- С. 3-7.
9. Рабинович Г.Ю., Зинковская Т.С., Анциферова О.Н. Биомелиорация на осушаемых землях//Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №2.- С.3-9.
10. Научные основы оптимизации питания и фитосанитарного состояния посевов в ландшафтном земледелии/Под ред. В.Г. Сычева.-М.: РАСХН, 2005.-94 с.
11. Курсакова В.С., Бартая Н.Н. Влияние препарата ризоагрина на урожайность зеленой массы ячменя в одновидовом посеве и в травосмесях с бобовыми культурами//Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 12 (122). – С.5-9.
12. Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Шайхразиев Ш.Ш., Нуриев С.Ш., Зубарев С.В. Эффективность применения бактериальных удобрений Азотовит и Бактофосфин на серых лесных почвах Республики Татарстан//Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3(23). – С. 29-34.

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES TO INCREASE SOIL FERTILITY

**Kireicheva L.V., Doctor of Technical Sciences; Pukhovskaya T.Y., Candidate of Biological Sciences
Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov", 44 Bolshaya Akademicheskaya str., bldg. 44/2., Moscow, 127434, Russia, e-mail:pukhovskaya@inbox.ru**

The principal features and criteria to classify agrotechnical technologies as environmental ones are determined. Perspectives of directions of environmental technologies' application as well as the advantages of agrogenic sources of organic matter (agricultural by-products) such as: straw, roots of plants, siderates are given. The above mentioned sources of organic matter providing environmentally friendly replenishment of soil organic matter as well as complex fertilizing organo-mineral mixtures based on saponite are considered. The application of environmental technological methods to manage agrochemical and agrophysical parameters of soil fertility, taking into account soil properties is justified.

Keywords: environmental technologies, soil fertility

УДК 631.4

EDN:CHNJZK

DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-14-19

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗЕРНОТРАВЯНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА

**С.И. Тютюнов, ак. РАН, И.В. Логвинов, Е.В. Навольнева, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»
308001, Белгород, ул. Октябрьская, 58,**

E-mail: Laboratoria.Plodorodya@yandex.ru, zemledele2006@yandex.ru, Navekavika@gmail.com

В длительном полевом опыте на протяжении 25 лет изучали влияние зернотравянопропашного севооборота, содержащего в своей структуре 40 % многолетних трав, а также различных способов обработки почвы, органических и минеральных удобрений на агрохимические и физико-химические показатели чернозёма типичного. Содержание гумуса увеличивалось во всех вариантах опыта, как в пахотном, так и в подпахотном слоях. Для увеличения содержания щёлочногидролизуемого азота и нитрификационной способности почв требовалось совместное внесение двойных доз минеральных удобрений и навоза. Содержание подвижных фосфора и калия увеличивалось на контрольных делянках как в пахотном, так и в подпахотном слоях. Применение удобрений повышало содержание данных элементов от среднего до очень высокого уровня. Гидролитическая кислотность снижалась на контрольных делянках в пахотном слое на 16,5 – 17,6 % относительно исходных показателей. Минеральные удобрения увеличивали данный показатель на 6,6 – 23,4 %. Навоз оказывал нейтрализующее действие, понижая кислотность почвы. Сумма поглощённых оснований снижалась во всех вариантах опыта, как в пахотном, так и в подпахотном слоях. Использование удобрений в обрабатываемом слое существенно не изменяло данный показатель, а в нижнем слое приводило к его увеличению относительно контрольных значений.

Ключевые слова: плодородие чернозёма, зернотравянопропашной севооборот, гумус, азот, фосфор, калий, гидролитическая кислотность, сумма поглощённых оснований.