

МЕТОДЫ БИОГЕОСИСТЕМОТЕХНИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ

BIOGEOSYSTEM TECHNIQUE METHODS FOR INCREASING IMMUNITY OF PLANTS

Калиниченко В.П.^{1,2}, Рыхлик А.Э.¹, Ларина Г.С.¹

¹ Институт плодородия почв юга России

346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, Персиановка, ул. Кривошлыкова, 2

² Всероссийский научный исследовательский институт фитопатологии

143050, Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5

E-mail: kalinitch@mail.ru

Иммунитет растений зависит от способности технологии мелиоративной обработки почвы, ирригации создать долгосрочные приоритетные условия для развития ризосферы, синтеза и аккумуляции в почве свежего органического вещества, улучшить протекание органогенеза растений, выстроить эффективные биогеохимические барьеры для загрязнителей, ослабить развитие фитопатогенов, усилить действие биопрепаратов и химических средств защиты, ограничить угнетающее действие пестицидов на агрофитоценоз. Решение проблемы стандартными методами даёт недостаточно полный результат, потому потенциал растений не раскрывается, почва деградирует и загрязняется ввиду избыточного расходования пестицидов, имеет место избыточное расходование оросительной воды, ослабление биогеохимических барьеров, и всё это происходит в ущерб растениям, фитосанитарной обстановке в агрофитоценозе, страдает иммунитет растений. Для ослабления конфликта технологии и биосферы нами предложена биогеосистемотехника — трансцендентальный подход к реализации природоподобных технологий, суть которого в отказе от прямого копирования природных закономерностей, и приоритет эвристического поиска ниши для развития замысла природы, при этом базируясь на её закономерностях. Метод биогеосистемотехники — управление биогеохимическим циклом вещества в биосфере, в частности в агротехнике (включая мелиорацию), техническими средствами, обеспечивающими реализацию технологий создания биогеосистем с трансцендентальными (не копирующими природу напрямую) свойствами в фокусе повышения иммунитета растений. В рамках биогеосистемотехники для создания предпосылок развития и питания растений путём обеспечения мелко-агрегатной иерархии структура геофизической системы агрегатов почвы соответственно природе ризосферы растения и геобионтов предложены внутривершинное фрезерование слоя почвы 20–45 см, обеспечивающее получение мелких и средних искусственных агрегатов почвы; новая природоподобная водная стратегия — внутривершинная импульсная континуально-дискретная парадигма увлажнения для сохранения почвы и экономики пресной воды. Достигается синергетический эффект повышения качества почвы и её здоровья, обеспечивается получение экологически чистой продукции и предпосылки улучшения фитоиммунного статуса агрофитоценоза.

Ключевые слова: биогеосистемотехника, геофизическая система агрегатов почвы, внутривершинная импульсная континуально-дискретная парадигма увлажнения, фитоиммунный статус агрофитоценоза.

Для цитирования: Калиниченко В.П., Рыхлик А.Э., Ларина Г.С. МЕТОДЫ БИОГЕОСИСТЕМОТЕХНИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ. Аграрная наука. 2019; (2): 35–39.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-35-39>

Kalinitchenko V.P.^{1,2}, Rykhlik A.E.¹, Larina G.S.¹

¹ Institute of Fertility of Soils of the South Russia

346493, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovka, Krivoshlykov St., 2

² All-Russian Research Institute of Phytopathology

143050, Moscow region, Odintsovsky district, Big Vyazemy, Institute St., 5

E-mail: kalinitch@mail.ru

Plant immunity depends on the ability of land reclamation technology, irrigation to create long-term priority conditions for the rhizosphere development, synthesis and accumulation of fresh organic matter in the soil, improved plant organogenesis, effective biogeochemical barriers for pollutants, weakened phytopathogens development, strengthened biological production and plant chemicals protection, limiting inhibitory effect of pesticides on agrophytocenosis. Solving the problem with standard methods gives an insufficiently result, because the potential of plants is not disclosed, the soil is degraded and polluted due to excessive consumption of pesticides, there is excessive consumption of irrigation water, biogeochemical barriers weakening, and all this occurs to the detriment of plants, the phytosanitary situation in the agrophytocenosis, the plants immunity suffers. To weaken the conflict between technology and the biosphere, we proposed Biogeosystem Technique methodology — a transcendental approach to of nature-like technologies implementation, the essence of which is rejection of direct copying of natural laws, and the priority of a heuristic search for a niche for the nature based technology development, while based on the laws of nature. The method of Biogeosystem Technique is the management of biosphere biogeochemical cycle, in particular in agricultural technology (including land reclamation), which technical means ensure the implementation of biogeosystems with transcendental (not copying nature directly) properties in the focus of increasing plant immunity. Within the framework of Biogeosystem Technique, to create the prerequisites for plants development and nutrition by providing a small-aggregative hierarchy structure of the soil aggregates geophysical system according to the nature of the plant's rhizosphere and geobionts, intra-soil milling of 20–45 cm layer ensuring small and medium-sized artificial soil aggregates; a nature based water strategy — an intra-soil pulsed continuously-discrete moisture paradigm to preserve the soil and conserve fresh water were proposed. A synergistic effect of improved soil health, ecologically clean products, and the agrophytocenosis high phytoimmune status will be achieved.

Key words: Biogeosystem Technique, soil aggregates geophysical system, intra-soil pulsed continually-discrete moisture paradigm, agrophytocenosis phytoimmune status.

For citation: Kalinitchenko V.P., Rykhlik A.E., Larina G.S. BIOGEOSYSTEM TECHNIQUE METHODS FOR INCREASING IMMUNITY OF PLANTS. Agrarian science. 2019; (2): 35–39. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-35-39>

Введение

Повышение иммунитета растений достигается методами генетики, селекции, применением биологических средств защиты, агротехникой. Также иммунитет растений зависит от того, насколько технология мелиоративной обработки почвы позволяет создать долгосрочные приоритетные условия для развития ризосферы, синтеза и аккумуляции в почве свежего органического вещества. Иммунитет растений зависит от того, насколько технология ирригация позволяет улучшить протекание органогенеза растений в засушливый период, и при этом не ведёт к избыточной влажности воздуха и почвы, обуславливающей развитие фитопатогенов. Фактором иммунитета является эффективность биогеохимических барьеров, препятствующих накоплению в растении вредных и опасных веществ, ухудшающих протекание органогенеза и качество поучаемой продукции. В значительной степени иммунитет растений зависит от того, насколько агротехника способствует эффективному действию биопрепаратов и химических средств защиты, и при этом ограничивает нежелательное угнетающее действие пестицидов на агрофитоценоз.

Перечисленные проблемы достаточно противоречивы, и их решение стандартными методами зачастую даёт недостаточно полный результат, потому потенциал растений не раскрывается, почва деградирует и загрязняется ввиду избыточного расходования пестицидов, имеет место избыточное расходование оросительной воды, ослабление биогеохимических барьеров, и всё это происходит в ущерб растениям, фитосанитарной обстановке в агрофитоценозе, страдает иммунитет растений.

Для ослабления конфликта технологии и биосферы нами предложена биогеосистемотехника — трансцендентальный подход к реализации природоподобных технологий, суть которого в отказе от прямого копирования природных закономерностей, и приоритет эвристического поиска ниши для развития замысла природы, при этом базируясь на её закономерностях [12]. Некоторые аспекты биогеосистемотехники рассмотрены в настоящем сообщении в фокусе повышения иммунитета растений.

Метод биогеосистемотехники. Управление биогеохимическим циклом вещества в биосфере, в частности в агротехнике (включая мелиорацию), техническими средствами, обеспечивающими реализацию технологий создания биогеосистем с трансцендентальными (не копирующими природу напрямую) свойствами.

Теоретические и прикладные результаты и возможности биогеосистемотехники. Механическая обработка почвы создаёт предпосылки для развития питания растений, которые тем лучше, чем ближе иерархия геофизической системы агрегатов почвы природе ризосферы растения. Как известно, мелко-агрегатная структура почвы для этого оптимальна. Пытаясь имитировать природную структуру почвы, современные теория и практика рыхления почвы, как в краткосрочном аспекте агротехники конкретного агрофитоценоза, так и в долгосрочном аспекте мелиорации как основы улучшения биогеосистемы, ориентированы преимущественно на традиционные устройства с пассивными рыхлящими органами. Применение стандартной основной обработки почвы на 20–22 см обуславливает усиливающуюся слитизацию нижележащего слоя почвы, поскольку проникновение в него ризосферы всё меньше в секвенции агрофитоценозов. После стандартной мелиоративной трёхъярусной вспашки на 40–45 см каштаново-солон-

цового комплекса агрегаты почв представлены преимущественно в виде глыб (иллювиального и переходного горизонтов) размером более 100 мм. Они сохраняются практически в неизменном виде в течение многих лет, оставаясь непроницаемыми для корней культурных растений. В результате седиментации твёрдой фазы такой почвы, тупиковые поры занимают до 99% объема её порового пространства, и структура почвы неудовлетворительна для растений, поскольку мелко-агрегатная фракция практически не представлена [16]. Аналогичная ситуация имеет место после безотвального рыхления, причём продолжительность эффективного действия этого приёма меньше по сравнению с трёхъярусной вспашкой [5]. В результате агрофитоценоз ослаблен. Поэтому весьма восприимчив к фитопатогенам. Следовательно, иммунитет растений в условиях стандартной агротехники и мелиорации не реализуется на генетически заложенном уровне.

Однократное внутрипочвенное фрезерование слоя почвы 20–45 см обеспечивает получение мелких и средних искусственных агрегатов почвы — комфортного субстрата для развития корневой системы растений и обитания геобионтов. Формируются лучшие по сравнению со стандартной мелиоративной обработкой геофизические параметры агрегатной системы обработанного слоя. При этом улучшение структуры почвы наблюдается также в необработанном слое, поскольку лучшие условия распределения влаги в почве обеспечивают сокращение стадии супердисперсности почвы, уменьшается слитизация [7]. Экспериментально показанная длительность экономически эффективного действия однократного внутрипочвенного фрезерования почвы более 30 лет [4]. В секвенции последующих агрофитоценозов условия развития растений лучше, чем после стандартной мелиорации, в результате иммунитет растений повышается.

Ирригацию на текущий момент развития теории и практики искусственного увлажнения почв в целях улучшения развития растений реализуют, имитируя фронтальный гидрологический режим природно-территориальных комплексов. Это или создание искусственного дождя, или повышения уровня грунтовых вод. В части воды природа расточительна — она создаёт и безводные пустыни, и водно-болотные системы. Это разнообразие обусловлено природным эффектом совмещения фазы подачи воды и фазы её распределения внутри почвы. Движение воды сквозь почву начинается после того, как её влажность превысит НВ, достигнет ПВ, и наступит стадия переноса воды в виде преференсных потоков, природа которых обусловлены пространственной неоднородностью и анизотропными свойствами почвенного континуума. В результате прямой имитации в технологии природного явления поступления воды в почву, на ирригацию расходуют до 95% общемирового ресурса пресной воды. Порядка 90% потребляемой в ирригации воды теряется из почвы. Почва и ландшафт деградируют в результате избыточного увлажнения [10]. С точки зрения иммунитета растений, стандартная ирригация не выдерживает критики в нескольких аспектах. В процессе увлажнения почва достигает состояния НВ, когда становится неустойчивой механической системой, поверженной переупаковке структурных отдельностей, уплотнению, слитизации, и на стадии иссушения почвы это отрицательно сказывается на развитии ризосферы. Большинство растений не требуют для развития столь высокой влажности, как НВ, и поэтому они откачивают из

почвы избыточную воду, которая ещё не была утрачена в зону аэрации в виде преференсных потоков. Имеет место потеря воды. Иммуитет растений ослабляется за счёт избыточной затраты энергии на вынужденный перенос избыточной воды по проводящей системе. Ослабление иммунитета осложняется тем, что избыточное увлажнение создает приоритетные условия для развития вредителей и болезней. К тому же, последующее повышение пестицидной нагрузки для преодоления фитопатогенов ведёт к угнетению растений и повышенному гидрологическому переносу пестицидов и их метаболитов в зону аэрации и ландшафт.

Капельный полив растений разработал в Персии в 60-х годах 20 века О.Е. Ясонида [8]. Для своего времени это был выдающийся прорыв на новый технологический уровень, но, в силу обычного пренебрежения к собственным научно-техническим достижениям, незаслуженно проигнорированный в СССР, теперь в РФ капельные системы приобретают из-за рубежа. За время, которое прошло после открытия О.С. Ясонида, появились новые технические возможности, новые материалы. Нами получены патенты РФ на способ внутрипочвенного импульсного континуально-дискретного увлажнения растений [2, 3].

Нами в рамках биогеосистемотехники взамен устаревшей стандартной имитационной фронтальной ирригации предложена новая природоподобная водная стратегия — внутрипочвенная импульсная континуально-дискретная парадигма увлажнения [12].

В фазе подачи воду впрыскивают в почву в вертикальный цилиндр первичного увлажнения на глубине 10–40 см. Минимальное гидродинамическое воздействие на почву имеет место непосредственно в вертикальном цилиндре первичного увлажнения, но ввиду его краткосрочности механический каркас почвы сохраняется. Прилегающая почва не испытывает гидродинамического воздействия, поэтому удерживает гидродинамическую систему агрегатов почвы в стабильном состоянии, выступает в качестве анкера для увлажненной почвы цилиндра, препятствуя эффекту супердисперсности, последующей слитизации, и оседания увлажненной почвы. После впрыска воды, влага из цилиндра первичного увлажнения в течение нескольких минут распределяется в геофизической системе почвы посредством капиллярно, пленочного и парообразного переноса, преференсные неуправляемые потоки воды сквозь почвенный континуум исключены. Термодинамический потенциал воды в увлажненной почве после перераспределения влаги составляет около $-0,2$ МПа, много меньше НВ после стандартного полива ($-0,02$ МПа). Для большинства растений потенциал воды ниже НВ является комфортным, об этом свидетельствует неполное открытие устьичного аппарата при такой влажности почвы. То же время при высокой влажности почвы устьичный аппарат растения открыт полностью, и это свидетельствует как о повышенном расходовании воды, так и о том, что эта вода, очевидно, растению не была нужна — т.е. при стандартной ирригации она подаётся избыточно. При термодинамическом потенциале воды $-0,2$ МПа растения питаются более концентрированным почвенным раствором, чем после стандартно полива. По сравнению со стандартным поливом существенно меньше затраты энергии на эвапотранспирацию. Оптимизация органогенеза обеспечивает повышение продуктивности растений, причём при значительном сокращении подачи воды для увлажнения почвы [15]. Это на первый взгляд чисто гидротехническое обстоятель-

ство имеет существенный аспект в области иммунитета растений, который рассмотрен ниже.

Возрастает устойчивость растений к фитопатогенам вследствие относительно низкой влажности почвы. Исключены потери воды, её негативное избыточное воздействие на почву и агроландшафт. В сравнении с традиционной ирригацией, расход воды на увлажнение почвы снижается в 5–20 раз. Растения с поливной водой получают меньше поллютантов. Достигается многократная экономия энергии, финансовых и материальных ресурсов.

Работоспособность биогеохимических барьеров в системе «почва — растение» определяет эффективность питания растений, и при этом возможность исключить или ослабить поступление в растение вредоносных для него биохимических, химических соединений. Природа первого биогеохимического барьера на границе «почва — ризосфера» в решающей степени зависит от влажности и структуры почвы. Если влажность почвы близка к НВ, то подвижность практически всех биохимических и химических соединений в почве высокая. Соответственно, в растение беспрепятственно проникают как элементы питания, так и вредные для него соединения. При этом имеет место опасность качеству продукции вплоть до генетических мутаций растений [13]. Если термодинамический потенциал почвенного раствора составляет величину $-0,2$ МПа и ниже, то растворимость в воде, точнее в растворе слабой угольной кислоты, который растение формирует в зоне у корневых волосков, элементов питания достаточно высокая, и они поступают в растение. Одновременно при повышенной концентрации почвенного раствора растворимость многих опасных для растений соединений низкая, потому эффективность первого геохимического барьера высокая.

Вопрос о структуре почвы, распределении в ней почвенного раствора важен с точки зрения предложенной нами концепции микробассейнов почвенного раствора [9]. Когда структура почвы мелко-агрегатная, как это имеет место после внутрипочвенного фрезерования слоя 20–45 см, то у растения появляется много вариантов использования вещества, получаемого им из каждого индивидуального корневого волоска. В силу того, что загрязнения, находящиеся в почве, как правило, привнесены в неё технологически, и по этой причине континуум почвы и континуум загрязнений пересекаются между собой со значительной долей дискретного контакта, не все микрообъемы почвенного раствора связаны с зонами загрязнения почвы. Когда при относительно малой влажности почвы микрообъемы почвенного раствора разделены, источники их вещественного состава как продукт растворения сопряженного структурного элемента почвы разные. Если в некотором микробассейне представлены нежелательные для растения вещества, то питание из этого корневого волоска растений прекращает. Если в другом микробассейне представлены полезные для растения вещества, то питание из этого корневого волоска растение продолжает.

При высокой влажности почвы вещественный состав почвенного раствора интегрируется в простирании почвенного континуума в силу превалирования конвективной составляющей конвективной диффузии, и в таких обстоятельствах растение не в состоянии реализовать свой потенциал селективного поглощения вещества из почвенного раствора. Потому загрязнения практически беспрепятственно поступают в биологическую продукцию, ослабляя иммунитет растения.

Наоборот, при относительно низкой влажности почвы первый биогеохимический барьер функционирует эффективно [11], потому качество продукции не страдает даже при высоком загрязнении почвы — при внесении 40 [6], 112 т/га [14] фосфогипса, и даже при возделывании растений на почвогрунте в соотношении чернозема, торфа и золы 1:0,5:0,5; 1:1:0,5 и 1:0,5:1 [1]. Эффект микробассейнов почвенного раствора соответствующим образом положительно сказывается на иммунитете растений.

Проблема искусственного увлажнения почвы актуальна для закрытого грунта. При стандартных способах полива сквозь почву проходит поток воды. Поток воды неблагоприятно влияет на почву или субстрат, поэтому субстрат в теплицах быстро деградирует. Лишь немного меньше эффект проявляется при капельном поливе. Чем больше влагоемкость почвы или субстрата, тем большую влажность надо в нём создать, чтобы фронт увлажнения продвинулся с поверхности почвы вглубь. Влажность почвы получается высокая. Это неблагоприятно в фитосанитарном отношении, поскольку при высокой влажности почвы и атмосферы интенсивно развиваются вредные организмы, растения страдают и от болезней, и от последующего избыточного применения средств защиты. Если иметь в виду томаты, то для них высокая влажность губительна в силу биологических особенностей происхождения семейства пасленовых. Почву накрывают от испарения пленкой, влажность воздуха уменьшается немного, но в почве переувлажнение усиливается. При высокой влажности почвы растения интенсивно откачивают из неё воду при полностью открытом устьичном аппарате, поскольку биологически такое количество воды им не нужно. Имеет место перерасход воды и повышение влажности воздуха. Кроме того, при высокой влажности почвы корневая система растения получает почвенный раствор низкой концентрации. При такой концентрации все неблагоприятные вещества — тяжелые металлы, канцерогены и пр. — свободно поступают в растение, соответственно — в продукцию. При низкой концентрации почвенного раствора не работает биогеохимический барьер на границе почва — ризосфера.

При новом способе увлажнения почвы субстрат закрытого грунта сохраняется, поскольку не испытывает переувлажнения. Почвенный раствор не дренируется, как это происходит при стандартных способах полива. Поскольку концентрация почвенного раствора достаточно высокая, проще обеспечить химическое воздействие средств защиты растений на вредные организмы, имеет место экономия средств химизации. К тому же, полив и внесение химикатов можно чередовать, что способствует усилению эффекта химической обработки. Повышается устойчивость растений. Поскольку при использовании импульсной внутрипочвенной фертигации концентрация средств защиты при малом количестве воды будет выше, их действие на опасные биологические объекты становится эффективнее. Экономия пестицидов обусловлена также тем, что влажность почвы и воздуха небольшая, потому нет условий для развития вредителей и болезней. Обеспечивается повышение качества продукции, поскольку она выращивается в оптимальных условиях — без переувлажнения, без избытка химикатов и пестицидов. В целом условия развития растений ближе к природным, что позволяет уйти от стандартных тепличных продуктов, которые потребитель безошибочно распознает по внешнему виду

как перекормленные и выросшие в условиях избыточного увлажнения.

Возможно повышение объема продукции, поскольку если влажность почвы составляет не НВ почвы или субстрата (потенциал воды $-0,03$ МПа, на который настраивают стандартные системы полива), а немного меньше этой величины (потенциал воды от $-0,01$ до $-0,03$ МПа), но при этом далек от влажности завядания, то темп нарастания биомассы растения выше. Качество биомассы тоже выше, причём за счёт плодов, а побеги растут менее интенсивно.

Важнейший вопрос закрытого грунта — выбор субстрата для корневой системы растений. Зональная почва с песком — лучший с точки зрения качества продукции субстрат, но он быстро разрушается в стандартном режиме эксплуатации в закрытом грунте. Торф — субстрат немного хуже с точки зрения качества продукции, и тоже разрушается в стандартном режиме эксплуатации в закрытом грунте. Базальтовая вата как основа для субстрата служит дольше, но это самый некачественный субстрат, по сути — просто дисперсная основа гидропонии.

Новый способ увлажнения почвы и субстрата позволяет пересмотреть режим эксплуатации тепличного комплекса в сторону применения более качественных субстратов и высокого иммунитета растений. Это позволит сфокусироваться на получении качественной продукции на уровне требований биологического земледелия. Открывается возможность участия в секторе рынка с диапазоном высоких цен на качественную продукцию.

Закключение

На основании выполненных исследований и анализа создания почв и биоекосистем в различных условиях менеджмента, вопрос о создании геофизической структуры иллювиального горизонта почв, вопрос об увлажнении растений, вопрос о питании растений, вопрос о химической мелиорации тесно связаны между собой, и решение этой комплексной проблемы создания устойчивых высокоплодородных почв и ландшафтов методами биоекосистемотехники даёт синергетический эффект повышения качества почвы и её здоровья, обеспечивает получение экологически чистой продукции и предпосылки улучшения фитоиммунного статуса агрофитоценоза.

Предложения о биоекосистемотехнике относятся ко всему многообразию сельскохозяйственных культур, а также к созданию высокопродуктивных устойчивых многолетних насаждений в целях садоводства, защитного лесоразведения, рекреации, обеспечивается принципиально новый высококачественный уход за ними.

Реализация технических решений биоекосистемотехники позволит не только повысить иммунитет растений, но и извлечь политические преференции в свете указов Президента РФ № 642 от 1.12.2016, № 204 от 7.05.2018, Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию РФ 20.02.2019 г. в фокусе решения следующих из этих основополагающих документов задач поиска и преодоления больших вызовов современности. Сохранение и расширенное воспроизводство биосферы является важнейшим вызовом, определяя вектор стратегического развития страны.

Продвижение новых технологий биоекосистемотехники требует применения программных методов разработки, создания и внедрения новых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демиденко Г.А. Рекультивация земель в зоне Березовского буроугольного месторождения Красноярского края // В сборнике: Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития материалы международной научно-практической конференции. Ответственные за выпуск: В.Л. Бопп, Е.И. Сорокатая. 2018. С.170–173. <http://earthpapers.net/vosstanovleniye-stepnyh-ekosistem-v-zone-dobychi-burogo-uglya>
2. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU №2386243 С1. Способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений. МПК А01G 25/06 (2006.01) А01C 23/02 (2006.01). Патентообладатель Калиниченко В.П. Заявка в ФИПС от 16.01.09. №2009102490/12(003172) от 26.01.2009. Опубликовано 20.04.2010. Бюл. №11. 9 с. : 4 ил.
3. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU №2411718 С2. Устройство для выполнения способа внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений. Патентообладатель Калиниченко В.П. Заявка в ФИПС №2009110757/20(016023) от 30.03.09. Опубликовано 20.02.2011. Бюл. №5. 10 с. : 2 ил.
4. Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Миронченко С.Ф., Черненко В.В., Ладан Е.П., Генов Е.Д., Илларионов В.В., Удалов А.В., Удалов В.В., Киппель Е.В. Изменение свойств почв солонцового комплекса через 30 лет после мелиоративных обработок // Почвоведение. 2014. №4. С. 490–506. DOI: 10.7868/S0032180X14040029
5. Мальцев А.В., Калиниченко В.П., Шатохин С.А., Удалов А.В. Динамика агрофизических свойств и содержания гумуса в черноземе обыкновенном при отвальной, поверхностной и чизельной системах основной обработки почвы // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. №6. С. 56–58.
6. Суковатов В.А. Длительность действия мелиорации солонцового комплекса каштановых почв. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Донской государственный аграрный университет. п. Персиановский, 2009. 140 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=19212993>
7. Топунова и др., 2010 — Топунова И.В., Приходько В.Е., Соколова Т.А. (2010). Влияние орошения на содержание и минералогический состав илистой фракции черноземов Ростовской области (Багаевско-Садковская оросительная система) // Вестник Московского университета, Серия 17: Почвоведение, № 1, С.3–10.
8. Ясонида О.Е. Капельное орошение. — Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.

REFERENCES

9. Batukaev A.A., Endovitsky A.P., Andreev A.G., Kalinichenko V.P., Minkina T.M., Dikaev Z.S.Mandzhieva., S.S., and Sushkova S.N. Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // Solid Earth, 7, Issue, 2, 415–423, doi:10.5194/se-7-415-2016
10. Kalinichenko V. Biogeosystem technique as a base of the new world water strategy // Biogeosystem Technique. 2014. № 2 (2). С.100–124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100
11. Kalinichenko V.P. Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review) // International Journal of Environmental Problems, 2016, Vol. (4), Is. 2, pp. 99–130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99
12. Kalinichenko V., Batukaev A., Zarmaev A., Startsev V., Chernenko V., Dikaev Z., Sushkova S. Biogeosystem technique as the way to certainty of soil, hydrosphere, environment and climate // EGU General Assembly. Vienna, 2016. Geophysical Research Abstracts. Vol. 18, EGU2016–3419
13. Kwasniewska J. Molecular Cytogenetics Serves Environmental Monitoring. / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, 2014. Page No. 25. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16
14. Mays D.A., Mortvedt J.J. Crop Response to Soil Applications of Phosphogypsum // Journal of Environmental Quality. 1984. Vol. 15. No. 1, p. 78–81 doi:10.2134/jeq1986.00472425001500010018x
15. Rykhlik A.E., Bezuglova O.S. Method of Intra-Soil Pulse Continuous-Discrete Moistening (Model Experiment) // Biogeosystem Technique, 2017, 4(1): 39–65. DOI: 10.13187/bgt.2017.1.39
16. Shein E.V., Skvortsova E.B., Dembovetskii A.V., Abrosimov K.N., Il'in L.I., Shnyrev N.A. Pore-size distribution in loamy soils: A comparison between microtomographic and capillarimetric determination methods // Eurasian Soil Science 49. 2016. №3. С.315–325. DOI: 10.1134/S1064229316030091