

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 631.51/.58:631.81/.83/.84/.85/.86

**ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ,
МИКРООРГАНИЗМОВ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ОБРАБОТОК**

¹Полоус В.С., ^{2,3}Степанов С.П., ^{2,3}Прокопова Л.О., ⁴Осаяленко С.Н.

¹ООО АПК, Кубань Агро, Свободное, e-mail: s.polous@list.ru;

²Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар;

³ООО Агрохимическая лаборатория, Новая Адыгея;

⁴Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь

Целью исследований было проведение анализа литературных источников по определению технологий, повышающих действие удобрений на биологическую активность почвы и растений. Получение устойчивых урожаев полевых культур зависит от применения органических и минеральных удобрений; препаратов на основе микроорганизмов; обработки почвы, оптимального севооборота. Эффект от применения навоза обусловлен высоким содержанием в нем грибов, бактерий, архей, простейших и других элементов. Но это полезное удобрение, цена на которое составляет от 400 руб./т, доступно только хозяйствам, имеющим определенную отрасль животноводства. В последние десятилетия, с введением запрета на сжигание стерни и переходом хозяйств на почвозащитные ресурсосберегающие технологии, поступлением в село нового поколения комбайнов, все землепользователи получили доступ к органическим удобрениям, которыми являются поживные остатки культур севооборота (или поживных посевов). Было установлено, что их запашка плугом нерациональна, так как неизмельченные послеуборочные остатки размещались в биологически малоактивном слое почвы. Кроме того, лишение почвы растительного покрова при отвальной вспашке не сдерживало водной и ветровой эрозии. Эти меры позволили оставлять на поверхности или заделывать измельченную органику в биологически активный слой почвы, 0–15 см, повысить содержание углерода и элементов питания для почвенных микроорганизмов, участвующих в обмене веществ в ризосфере полевых культур. В настоящее время на многих полях снижены видовое разнообразие и численность почвенной биоты, что делает целесообразным ее дополнительное внесение при проравливании семян, проведении подкормок и при защитных обработках. Эффективность минеральных удобрений зависит от способа их внесения и осадков. В больших количествах минеральные удобрения снижают агрофизические показатели, разрушают микробиологическую систему и гумус почвы.

Ключевые слова: органика, удобрения, микроорганизмы, ресурсосберегающие обработки, биологическая активность почвы

**THE POSSIBILITIES OF STABILIZING
THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SOIL
WITH THE USE OF ORGANIC, MINERAL FERTILIZERS,
MICROORGANISMS AND RESOURCE-SAVING TREATMENTS**

¹Polous V.S., ^{2,3}Stepanov S.P., ^{2,3}Prokopova L.O., ⁴Osaulenko S.N.

¹ООО АПК, Кубань Агро, Свободное, e-mail: s.polous@list.ru;

²Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар;

³Агрохимическая лаборатория, Новая Адыгея;

⁴Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь

The purpose of the research was to analyze literature sources to determine technologies that increase the effect of fertilizers on the biological activity of soil and plants. Obtaining sustainable yields of field crops depends on the application of organic and mineral fertilizers; preparations based on microorganisms; tillage, optimal crop rotation. The effect of using manure is the result of a high content of fungi, bacteria, archaea, protozoa and other elements in it. But this useful fertilizer, the price of which is from 400 rubles / ton, is available only to farms that have a certain branch of animal husbandry. In the last decade, with the introduction of a ban on stubble burning and the transition of farms to soil-protecting resource-saving technologies, the arrival of a new generation of harvesters in the village, all land users have gained access to organic fertilizers, which are the crop residues of crop rotation crops (or crop crops). It was found that plowing them with a plow was irrational, since the non-crushed post-harvest residues were placed in a biologically inactive soil layer. In addition, the deprivation of soil vegetation cover during dump plowing did not deter water and wind erosion. These measures made it possible to leave crushed organic matter on the surface or seal it into a biologically active soil layer, 0–15 cm, to increase the carbon content and nutrition elements for soil microorganisms involved in the metabolism in the rhizosphere of field crops. Currently, the species diversity and abundance of soil biota have been reduced in many fields, which makes it advisable to add it during seed pickling, fertilizing and protective treatments. The effectiveness of mineral fertilizers depends on the method of their application and precipitation. In large quantities, mineral fertilizers reduce agrophysical indicators; destroy the microbiological system and humus of the soil.

Keywords: organic matter, fertilizers, microorganisms, resource-saving treatments, biological activity of the soil

Общеэкономические тенденции по энергосбережению в последние десятилетия затронули и сельское хозяйство, в котором основным средством производства исторически является естественное почвенное плодородие, что требует от землепользователей всех форм собственности не допускать его разрушения, так как это отрицательно влияет на экологию и снижает доходы производства.

Вопросы влияния на плодородие и урожайность полевых культур органических, минеральных удобрений, препаратов на основе микроорганизмов и приемов обработки почвы являются актуальными в современном земледелии. Целью и задачей исследований стал анализ литературных источников по определению наиболее эффективных технологий при использовании различных органических и минеральных удобрений, микробиологических препаратов и различной основной обработки, которые в совокупности положительно влияют на биологическую активность почвы.

Материалы и методы исследований.

Авторы изучили опубликованные научные работы, а также передовую производственную практику; отметили достоинства и недостатки существующих технологий по применению различных средств повышения плодородия, в том числе биологических препаратов и приемов обработки почвы.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно современным научным исследованиям и достижениям производства, более высокие урожаи полевых культур формируются на полях, где используются органические и в оптимальных дозах минеральные удобрения; а также внедрены почвозащитные способы основной обработки, в том числе прямой посев, которые препятствуют развитию водной и ветровой эрозии.

Продолжительный период в сельскохозяйственном производстве используются не только технические средства, семена, пестициды, но и органические, и минеральные удобрения, которые ежегодно закупаются на значительные суммы. А значит, от специалистов требуется владение знаниями по их наиболее рациональному применению.

Одним из распространенных средств плодородия является навоз. Его полезные свойства для урожая полевых культур использовали в Древней Руси, так как основу жизненного уклада славян на Дону еще

в VI веке составляли пашенное земледелие и скотоводство [1]. Уже в тот период крестьяне сталкивались с истощением пашни.

Ценность навоза КРС обусловлена особым составом микробиома рубца жвачных животных, где в 1 мл жидкости взаимодействуют тысячи микроорганизмов (грибы, бактерии и другие простейшие) [2]. Побочные продукты переработки содержат частицы переваренных кормов (0,25–0,5 мм), в связи с чем обладают высокой микробиологической активностью. В нем сохраняются и минеральные элементы воды, кормов и почвы. По отдельным данным [3], в свежем навозе содержится: азота 0,5%, фосфора 0,3%, калия 0,6% и другие полезные вещества. Следовательно, навоз крупного рогатого скота является сложной многокомпонентной живой структурой, обладающей комплексом полезных свойств для биоты почвы и растений. Способы компостирования и технологии внесения значительно влияют на его эффективность.

Академик Т.Г. Лысенко более 60 лет назад установил наличие полной взаимосвязи между сельскохозяйственными животными, сельскохозяйственными растениями и почвенными микроорганизмами полей [4].

По Краснодарскому краю в 2021 г. было внесено навоза 3691,7 тыс. т, что позволило удобрить оптимальными дозами до 3% пашни [5].

По расчетам авторов, хозяйствам, где сохранилось животноводство, выполнение комплекса работ по компостированию, хранению, перевалке, внесению и заделке навоза обходится от 400 руб./т, что при внесении 50 т/га формирует затраты в 20 тыс. руб./га и более. Однако при соблюдении технологии на каждом этапе, в том числе при использовании укомплектованных навозоразбрасывателей и немедленной заделке органики, происходит активация элементов плодородия почвы. Прибавки урожая культурных растений в течение 2–3 лет превышают таковые от применения минеральных удобрений.

Одним из примеров [6], подтверждающих благоприятное влияние органических удобрений на почву и растения, являются многолетние исследования по выращиванию подсолнечника при различном питании в Ростовской области (табл. 1).

Наиболее высокий сбор маслосемян – 2,48 т/га – был получен при внесении только органических удобрений. Использование сложных химических удобрений вызывало снижение урожайности этой культуры.

Таблица 1

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность подсолнечника в Белокалитвенском районе Ростовской области, т/га

Вариант	Среднее за 2015–2017 гг.	Прибавка к контролю, т/га
Контроль	1,95	–
Куриный помет, 10 т/га под осеннюю вспашку	2,48	0,53
$N_{75} P_{75} K_{75}$ под предпосевную культивацию	2,33	0,38
HCP_{05}		0,32

Многолетнее отсутствие поголовья КРС или других отраслей животноводства обусловило в большинстве хозяйств невозможность применять на полях собственную натуральную органику, что является одной из причин дальнейшего снижения биологической активности черноземов.

Возникшие проблемы с дефицитом навоза удалось повсеместно начать решать другими агротехническими приемами. Несколько десятилетий назад, с возрастанием экологических требований против сжигания пожнивных остатков, внедрением энергосберегающих обработок, в том числе прямого посева, и уборочной техники нового поколения появилась возможность управления пожнивными остатками убранных культур. Это позволило оставлять или поверхности задельывать измельченную побочную продукцию в биологически активном слое почвы 0–10–15 см, а не запахивать плугом на глубину до 20 см и более, где отсутствуют условия для ее разложения [7]. Кроме того, поверхность почвы, лишенная отмерших растительных остатков или вегетирующих растений, всегда подвергается водной и/или ветровой эрозии различной интенсивности, ущерб от которой редко оценивается землепользователями.

Постоянное возвращение в почву растительных остатков значительно повышает количество элементов органического питания, в том числе углерода и других продуктов переработки, так необходимых для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов [8, 9]. Поэтому наличие разнообразных видов (порой 10 и более) растительных и корневых остатков на целинных землях создает оптимальные условия для функционирования различных микроорганизмов, взаимодействующих с корневыми выделениями (эксудатами) и улучшающих питание растений биологически доступными веществами [10]. На почвах, используемых для интенсивного сельскохозяйственного

производства, основанного на применении высоких доз химических удобрений, пестицидов, плужной обработке почвы, севооборотов с короткой ротацией (из 3–4 культур), в том числе насыщенных подсолнечником и/или сахарной свеклой, отмечаются заметное снижение супрессивной биоты и нарастание патогенной, что вызывает разрыв энергетических и пищевых связей между этими группами микроорганизмов. Изменяется корневое питание растений. Распространяются корневые и стеблевые болезни. Возникает необходимость применения фунгицидов [11, 12].

Основным путем решения сложившейся проблемы – необходимости повышения биологической активности почвы и ее плодородия, а также обеспечения устойчивого производства продуктов питания – являются насыщение почвы пожнивными и корневыми остатками и целенаправленное использование микробиологических препаратов высокого качества при проправливании семян и различных обработках вегетирующих растений [13].

Почему это так важно в интенсивно химическом земледелии XXI века? Это связано с их (органические остатки и комплекс микроорганизмов) многосторонним влиянием на биологические, агрофизические и химические свойства почвы.

Продукты жизнедеятельности микробиоты активно участвуют в создании агрономически ценной (10–0,25 мм в диаметре) почвенной структуры с высокой устойчивостью к разрушению осадками; одновременно возрастает водопроницаемость почв, увеличивается доступность биологических форм фосфора, калия, серы и других элементов питания; более активно формируется органическое вещество почвы [14]. Кроме того, с помощью микроорганизмов происходит разложение в почве и окружающей среде пестицидов и других вредных веществ [15].

Таблица 2

Влияние вспашки, поверхностной обработки почвы и прямого посева на количество и некоторый видовой состав грибов в ризосфере озимой пшенице (при $N_{80}P_{52}$). Среднее 2015, 2016, 2017 гг.

Микомицеты	Количество КОЕ тыс. ед. в 1 г сухой почвы		
	Варианты		
	Вспашка 22–24 см контроль	Поверхностная вспашка 6–8 см	Нулевая вспашка (прямой посев)
trichoderma	3×10^{-3}	6×10^{-3}	6×10^{-3}
alternaria	2×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}
penicillium	2×10^{-3}	2×10^{-3}	1×10^{-3}
rizopus	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}
fuzarium	4×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}

Высокий потенциал для сохранения плодородия почв, накопленный пожнивными остатками, широко применяется за рубежом. Например, проведенные в Китае опыты [16] показали, что использование соломы и уменьшенного количества химических удобрений оказалось положительное влияние на содержание углерода, формирование питательных веществ почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Постоянное обогащение поверхностного слоя почвы растительно-корневыми остатками может происходить более интенсивно во многих регионах РФ, где климатические условия позволяют ежегодно высевать пожнивные культуры, которые технологически размещаются на полях, предназначенных для ярового сева [17, 18], а не только за счет культур севооборота.

По многолетним данным [19], полученным в центральной зоне Краснодарского края, установлены различия по интенсивности минерализации пожнивных и корневых остатков культур звена севооборота (лен масличный – озимая пшеница – мугар пожнивного посева и горох) и способом подготовки почвы. На участках без механической обработки (прямой посев) или только с поверхностным рыхлением почвы (6–8 см) складывались благоприятные условия для накопления органического вещества в количестве 2,20 т/га и 1,84 т/га соответственно, что было в 1,4–1,2 раза больше, чем при отвальной вспашке на 22–24 см.

Трехлетними исследованиями, выполненными на юге страны, доказана связь между способом и глубиной заделки пожнивных остатков и дифференцированием микроорганизмов в прикорневой зоне вегетирующих растений. Авторы [20] изучали влияние основной обработки чернозема

обыкновенного на почвенную микрофлору в прикорневой зоне озимой пшеницы, которая возделывалась в звене севооборота, и его влияние на урожайность зерновой культуры (табл. 2).

В ризосфере имелись две группы микомицетов. Количество супрессивной (*trichoderma*) и условно супрессивной (*penicillium*, *rizopus*) микоты по энергосберегающей обработке почвы и прямому посеву делянок суммарно составило $9 - 8 \times 10^{-3}$ КОЕ тыс. ед. 1 г сухой почвы, что превышало данные по показатели по варианту с отвальной вспашкой 22–24 см на 33–25% соответственно. В образцах также были обнаружены патогены (*fuzarium*, *alternaria*), которые встречались по всем вариантам основной обработки опытного участка, но преобладали на вспаханных на глубину 22–24 см делянках. По мнению авторов, в данном сообществе биологические объекты находились в состоянии жизнедеятельности друг для друга.

Для снижения потенциальной вредоносности патогенов на корнях и растениях зерновая культура обрабатывалась микробиологическими препаратами с фунгицидной активностью: вермисолом 1 л/га и НВ 101 5 мл/га, а также фунгицидом Колосаль Про 0,5 л/га, что положительно сказалось на результатах. Урожайность на вспаханных делянках составила 6,23 т/га, на поверхности обработанных – 6,48 т/га и при прямом посеве – 6,05 т/га с НСР_{0,5} = 0,11.

Многие десятилетия в земледелии применяются минеральные удобрения, которые подготавливают для усвоения корневой системой растений почвенные микроорганизмы [21-23].

Использование определенного количества азотных, фосфорных и калийных удобрений, особенно в условиях достаточной

влагообеспеченности, способствует повышению качества и количества урожая [24]. Установлено, что при уборке основной и побочной продукции из почвы выносится различное количество элементов питания [25]. Например, озимой пшенице требуется (по действующему веществу) на построение 1 т зерна и соломы азота 32,5 кг; фосфора 11,5 кг и калия 20 кг; гороху продольственному на 1 т урожая необходимо азота 66 кг, фосфора 15,2 кг и калия 20 кг. Наиболее оптимальным является сочетание азота, фосфора и калия для полевых культур на черноземе в соотношении 1,5:1:1,0–0,5.

Действие питательных веществ из удобрений продолжается различный период, от 1 до 3 лет. При благоприятных условиях азот используется в первый год на 60–70%; калий – на 50–60%; фосфор – на 15–20% [26]. Однако в указанных материалах не комментируется связь количества используемых удобрений системой «почва – растение» в год внесения с приемами и способами основной обработки почвы.

В период вегетации полевые культуры используют преимущественно азотные удобрения. Азот способствует фотосинтезу, образованию аминокислот и белков. Нитратные формы азота из удобрений наиболее подвижны. Хорошо усваивается корнями растений азот в состоянии иона NO_3^- , а также в аммиачной форме, представленной ионом NH_4^+ , в процессе нитрификации с участием различных микроорганизмов. Азот из почвы в значительных количествах может вымываться и теряться при денитрификации. Фосфорные и калийные удобрения участвуют в фотосинтезе и росте растений. Различают органический и неорганический фосфор (из апатитов); обе формы малорастворимы в почве. Калий в почвах находится в относительно недоступной, медленно доступной и легкодоступной формах [27].

За многие десятилетия применения минеральных удобрений сложилась практика их внесения: поверхностная, локально – вместе с высеванными семенами; сбоку семенам; внутрипочвенно между рядами семян. На низкую эффективность разбросного внесения удобрений под большинство полевых культур еще в 1950-х гг. указывал академик А.В. Соколов, считая его во многих случаях необоснованным и ведущим к непроизводительным затратам удобрений [28]. Аналогичные результаты получены и в более поздних исследованиях. По данным аграрного факультета университета Буэнос-Айреса [29], при поверхностном применении

до 65% от внесенного фосфора в сложных удобрениях остается в слое 0–5 см; в слое 5–10 см его количество не превышает 30%, а на глубину 10–20 см проникает лишь 5%.

Внесение одновременно с посевом двойной комбинации туков, состоящих из физиологически кислых азотных и труднорастворимых фосфорных (нитроаммофос) удобрений, на глубину 4–6 см повысит их эффективность, но предпочтительнее внести такие удобрения в слой почвы 10–15–20 см, в котором расположены активные корни растений, что создает их очаги, усиливает действие корней и работу микроорганизмов, существенно улучшает питание растений. В зонах неустойчивого и особенно недостаточного увлажнения урожай полевых культур зависит не только от содержания продуктивной влаги, но и от характера распределения в почве усвояемых форм питательных элементов [30].

В последние годы успешно применяются удобрения и другие препараты через многократные листовые подкормки по fazам вегетации культур [31]. При данном способе внесения намного сокращается период их поступления в растения – до нескольких часов. Для выполнения таких технологий возрастает потребность в наличии высокопроизводительных опрыскивателей и другого оборудования.

Увеличение посевых площадей по энергосберегающим технологиям и прямому посеву способствовало созданию новых форм сложных гранулированных и жидких удобрений и изучению более эффективных приемов их внесения [32]. Было установлено, что применение малоадсорбируемых почвой минеральных удобрений позволяет добиться заметного передвижения корней в пахотном и подпахотном слое без его предварительного рыхления и механического помешания в него удобрений, а только за счет сезонных осадков, под действием которых они достигнут слоя 0–30 см и глубже.

Отношение ученых и практиков к искусственным минеральным солям, используемым в качестве удобрений, с момента их появления и до настоящего времени остается неоднозначным.

По оценке некоторых исследователей [33, 34], внесение туков является полезным для почвы и растений, но это требует определенных затрат на их приобретение, особенно в последние годы. По другим данным [35], использование минеральных удобрений не способствовало существенному увеличению содержания гумуса за многолет-

ний период за одну ротацию севооборота, в котором не возделывались многолетние травы, но систематически вносили комплекс удобрений: $N_{60}P_{60}K_{60}$.

В отдельных публикациях анализируют возникающие проблемы по изучению и определению фосфатного состояния почв [36] и других элементов.

Также в значительном количестве научных работ указывается на отрицательное влияние несбалансированных доз минеральных удобрений на почвенный раствор и физические характеристики пахотного слоя почвы: потерю почвенного азота и ее биологической активности [37]; увеличение минерализации гумуса [38]; разрушение микробиологической системы почвы по количеству и видовому составу [39].

Несмотря на существующие проблемы в экологии, массовое применение минеральных удобрений будет продолжаться до тех пор, пока не будут использованы запасы апатитов и стоимость энергоносителей сделает невыгодным производство синтезированного азота [40].

За прошедшие десятилетия добавились знания по генной инженерии и о механизмах действия отдельных грибов и бактерий, способных увеличивать биологическую доступность питательных веществ почвы [41].

О необходимости поиска простых приемов использования валовых запасов фосфора, калия, серы и других элементов из пашни прозорливо говорили академик Д.Н. Прянишников более 70 лет назад [42] и кубанский профессор А.И. Симакин несколькими десятилетиями позже [43].

Научные исследования и производственная практика показывают, что в настоящий период существует совокупность простых технологических приемов, которые позволяют изменить неэффективную и разрушительную систему воздействия на биологическую активность и плодородие почвы. Современное успешное земледелие обусловлено не столько глубиной основной обработки почвы [44] и количеством примененных минеральных удобрений под полевые культуры [45, 46] сколько использованием органики и природного многообразия микроорганизмов [47, 48, 49, 50], а также систематической оценкой биологической активности и элементов плодородия почвы контрольных участков.

Выходы

- Старые технологии, основанные на применении отвальной вспашки, высоких доз

минеральных удобрений, не препятствуют проявлению водной и ветровой эрозии, сохранению влаги, разрушению органического вещества и биологической активности почвы.

- Энергосберегающие обработки при внесении навоза или наличии органических остатков, разнообразной микробиоты формируют биологически активный слой почвы.

- Комбинированное действие органики, сообщества микроорганизмов, оптимальных доз химических удобрений в поверхностном слое почвы способствует обеспечению растений доступными формами питания; снижает экологическую нагрузку и помогает сохранению почвенного плодородия.

Список литературы

- Седов В.В. Восточные Славяне в 6-13 веке. М.: Наука, 1982. 141 с.
- Величко М.Г. Физиология сельскохозяйственных животных: курс лекций. Гродно: УО Гродненский государственный аграрный университет, 2011. С. 141-146.
- Ковтун И.И. А как же быть с заделкой органических удобрений? // Земледелие. 1988. № 5. С. 21-22.
- Лысенко Т.Д. Биологические основы применения удобрений // Вопросы питания растений и применения удобрений // Сельхозгиз. 1957. С. 183-205.
- Росстат по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. Пресс-выпуск от 09 марта 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://krsstat.gks.ru/> (дата обращения: 15.12.2022).
- Турчин В.В., Сисин А.В., Баленко Е.Г. Действие компоста из куриного помета на урожайность и качество семян подсолнечника // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 14-19.
- Звягинцев Д.Г. Почвы и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987. 247 с.
- Bais H.P., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annu. Rev. Plant. Biol. 2006. № 57. P. 233-266. DOI: 10.1146/annurev.aplant.57.032905.105159.
- Куликова А.Х., Яшин Е.А., Хисамова К.Ч. Влияние соломы яровой пшеницы на урожайность ячменя и баланс элементов питания в черноземе типичном // Агрохимия. 2017. № 3. С. 48-57.
- Фаизова В.И. Изменение свойств и микробиологических показателей черноземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании: дис. ... д-ра с.-х. наук. Ставрополь, 2016. С. 211-235.
- Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421-438.
- Селезнева Н.А., Тишкова А.Г., Федорова Т.Н., Савченко Н.Е., Асеева Т.А. Изменение химических и микробиологических свойств почвы при антропогенном воздействии в полевом севообороте // Достижение науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 5-10.
- Лебедева Т.Н., Масютенко Н.П., Семенов В.М., Когут Б.М., Зинякова Н.Б., Акименко А.С. Действие биологических способов оптимизации плодородия типичного чернозема на качество органического вещества // Агрохимия. 2018. № 7. С. 12-21.
- Звягинцев Д.Г. Регуляция почвенных микробных сообществ и их воздействие на рост растений // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1393-1394.
- Поляк Ю.М., Сухаревич В.И. Почвенные ферменты и загрязнение почв: биодеградация, биоремедиация, бионидикация // Агрохимия. 2020. № 3. С. 83-93.

16. Chen Zhu, Yue Jingjing, Hu Hongxiang, Yan Yainan, Di Yunfei. Effects of straw incorporation and reduction of chemical fertilizer on soil nutrients and crop yield in farmland. SCIREA Journal of Agriculturs. 2016. Vol. 1. No. 1. P. 124-134.
17. Марцинкевиче А., Богужас В., Балните С., Пупалене Р., Величка Р. Влияние севооборотов, промежуточных посевов и органических удобрений на ферментативную активность почвы и содержание гумуса в органическом земледелии // Почвоведение. 2013. № 2. С. 219-225.
18. Полоус В.С., Осауленко С.Н. Могар в пожнивном посеве на черноземе обыкновенном центральной зоны Краснодарского края // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. № 2(62). С. 34-38.
19. Полоус В.С., Осауленко С.Н., Степанов С.П. Влияние способов и приемов обработки чернозема обыкновенного в звене севооборота: лен масличный – озимая пшеница – могар – горох на баланс гумуса // Труды КубГАУ. 2021. № 1 (88). С. 105-110.
20. Полоус В.С., Осауленко С.Н., Прокопова Л.О., Сокирко В.П. Влияние способов и приёмов обработки чернозема обыкновенного на активность и разнообразие почвенной биоты и урожайность озимой пшеницы // Труды КубГАУ. 2020. № 6(87). С. 95-99.
21. Мерзляя Г.Н. Биологические факторы в системах удобрений // Агрохимия. 2017. № 10. С. 24-36.
22. Oleghe E., Naveed M., Baggs E.M., Hallett P.D. Residues with varying decomposability interact differently with seed or root exudate compounds to affect the biophysical behavior of soil. Geoderma. 2019. Vol. 343. P. 50-59.
23. Kooch Y., Ehsani S., Akbarinia M. Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. Soil&Tillage research. 2020. Vol. 200. P. 5-12.
24. Лазарев В.И., Ильин Б.С., Лазарева Р.И., Золотарева И.А. Отзывчивость сельскохозяйственных культур на отдельные виды минеральных удобрений и их сочетания в длительном стационарном опыте // Агрохимия. 2017. № 2. С. 28-33.
25. Рыхих Л.Ю., Липатников А.И. Расчеты доз применения минеральных удобрений в севооборотах: методическое пособие / Казанский федеральный университет. Институт экологии и природопользования. Казань, 2018. 19 с.
26. Ульянова О.А., Белоусова Е.Н. Система применения удобрений: учебно-методическое пособие / ФГБОУ ВО «Краснодарский государственный аграрный университет». Краснодарск, 2017. 124 с.
27. Шеуджем А.Х. Агрохимия чернозема. Майкоп: Изд-во ОАО «Полиграф-Юг», 2015. 229 с.
28. Соколов А.В. Распределение питательных веществ в почве и урожай растений. М.; Л.: АН СССР, 1947. 330 с.
29. Справочник по прямому посеву на открытые грунты / Аграрный факультет, университет Буенос-Айрес, 2012. 159 с.
30. Трофимова Т.А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв ЦЧР: дис. ... докт. с.-х. наук. Воронеж, 2014. 399 с.
31. Шуйинская И.А., Самсонова Н.Е., Антонова Н.А. Влияние корневого и фолиарного питания растений минеральными удобрениями и соединениями кремния на показатели фотосинтетической деятельности и урожайность зерна яровой пшеницы // Агрохимия. 2017. № 2. С. 11-18.
32. Фокин А.Д. Роль растений в перераспределении веществ по почвенному профилю // Почвоведение. 1999. № 1. С. 125-133.
33. Васбиева М.Т., Ямалдинова В.Р., Фомин Д.С. Влияние длительного применения систем удобрений на фракционный состав минеральных фосфатов и содержание подвижного фосфора по профилю дерново-подзолистой почвы // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 2. С. 43-48.
34. Постников П.А., Попова В.В. Влияние удобрений на урожайность культур и вынос питательных элементов в зернопаросидеральном севообороте // Агрохимия. 2021. № 4. С. 42-48.
35. Зезюков Н.И., Острецов В.Е. Сохранение и повышение плодородия черноземов. Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1999. 312 с.
36. Христенко А.А. Проблема изучения фосфатного состояния почвы // Агрохимия. 2001. № 6. С. 89-95.
37. Савич В.И., Наумова Л.М., Муради Л.М., Трубицына Е.В. Скрытое отрицательное действие удобрений и мелиорантов // Земледелие. 1988. № 10. С. 24-26.
38. Еремин Д.И., Ахтямова А.А. Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании минеральных удобрений // Земледелие. 2018. № 7. С. 16-18.
39. Сокирко В.П. Агробиологическое оздоровление почв Кубани – стабильный путь повышения урожая зерновых культур // Труды КубГАУ. 2014. № 3(48). С. 95-97.
40. Steffen W., Richardson K., Rockstrom J., Cornell S.E., Fetzer I., Bennett E.M. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science. 2015. № 347. P. 1259855. DOI: 10.1126/science1259855.
41. van der Heijden M.G.A., Bardgett R.D., Van Straalen N.M. The unseen majority/soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. Ecol.Lett. 2008. № 11. P. 296-310. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x.
42. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей в севооборотах. М: Издательство МСХ РСФСР, 1952. 255 с.
43. Симакин А.И. Удобрение, плодородие почв и урожай в условиях интенсивного земледелия. Краснодар: Краснодарское книжное изд-во, 1988. 270 с.
44. Козлов Е.М. Экологические проблемы в сельскохозяйственном производстве и некоторые соображения о путях их преодоления // Материалы 5-й международной научно-практической конференции / Центр научного знания «Лотос». Ставрополь, 2014. С. 4-15.
45. Хусайнов Х.А., Абасов М.Ш., Тунтаев А.В., Муртазалиев М.С., Завалин А.А. Изменение агрохимических показателей чернозема типичного при различных приемах обработки и использовании средств химизации и биологизации // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 30-33.
46. Завалин А.А., Чернова Л.С., Сапожников С.Н., Коваленко А.А. Потребление растениями азота почвы при использовании удобрения, сидерата и биопрепарата (исследование C¹⁵N) // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 36-39.
47. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5-8.
48. Бережная В.В., Клыков А.Г., Сидоренко М.Л., Слепцова Н.А., Тимофеева Я.О. Использование штаммов микробов для повышения урожайности яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 3-6.
49. Котляров В.В., Котляров Д.В., Шулепина С.А. Основы биологизации агротехнологий. Краснодар: КубГАУ, 2021. 208 с.
50. Шабаев В.П. Отзывчивость растений на применение азотфикссирующей бактерии в различных почвенных условиях // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 4. С. 51-54.