

УДК 631.8:631.62:631.445.51:633/635(470.4)

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ОРОШАЕМЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПОВОЛЖЬЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

© 2020 г. В. В. Пронько<sup>1</sup>, Н. А. Пронько<sup>2</sup>, О. В. Рухович<sup>3</sup>, М. В. Беличенко<sup>3,\*</sup>,  
В. А. Романенков<sup>3,4</sup>, Т. М. Ярошенко<sup>5</sup>, Н. Ф. Климова<sup>5</sup>, Д. Ю. Журавлев<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Научно-производственное объединение “Сила Жизни”  
410005 Саратов, ул. Большая Садовая, 239, Россия

<sup>2</sup> Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова  
410012 Саратов, ул. Советская, 61, Россия

<sup>3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова  
127434 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

<sup>4</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
119992 Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12, Россия

<sup>5</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока  
410010 Саратов, ул. Тулайкова, 7, Россия

\*E-mail: mvbelichenko@gmail.com

Поступила в редакцию 11.12.2019 г.

После доработки 30.12.2019 г.

Принята к публикации 10.03.2020 г.

Представлен анализ результатов агрохимических исследований научных учреждений Поволжья, выполненных на орошаемых темно-каштановых почвах. Показано влияние различных видов органических (навоз, сидераты) и минеральных удобрений на агрохимические свойства почв: содержание и баланс гумуса, азота, фосфора, калия. Отмечена высокая эффективность зеленого удобрения в промежуточных и основных посевах, а также многолетних бобовых трав. Сочетание органических удобрений и посевов многолетних трав на современном этапе развития земледелия является основным способом воспроизводства плодородия орошаемых темно-каштановых почв сухой степи Поволжья. Рассмотрены результаты применения минеральных удобрений, препаратов на основе гуминовых кислот и хелатных форм микроудобрений на овощных культурах в условиях капельного орошения.

*Ключевые слова:* орошение, Поволжье, темно-каштановые почвы, удобрения, зерновые, кормовые, технические и овощные культуры.

DOI: 10.31857/S0002188120060083

### ВВЕДЕНИЕ

По имеющимся в литературе сведениям, первые опыты с минеральными удобрениями на орошаемых каштановых почвах Поволжья были проведены А.В. Обуховым на Валуйской мелиоративной станции им. П.А. Костычева в 1894 г. [1]. Изучали отзывчивость зерновых и кормовых культур на азотные, фосфорные и калийные удобрения, которые в то время поступали из-за рубежа. Вопросы влияния различных видов органических и минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур, возделываемых в Поволжье на поливных землях, доминировали в агрохимических исследованиях до середины 30-х годов прошлого века [2].

С целью последующего выявления почвенных массивов для целей орошения в предвоенные и послевоенные годы прошлого века была проделана огромная работа, полученные материалы обобщены и опубликованы в научной печати [3, 4]. Ввиду большого научного и практического значения определение агрохимических свойств темно-каштановых почв продолжалось и в последующие годы [5–8].

В начале шестидесятых годов XX века руководством страны был взят курс на широкое мелиоративное строительство, в Поволжье (Самарская, Саратовская, Волгоградская, Астраханская обл. и республика Калмыкия) предполагалось ввести в строй 2.8 млн га орошаемых земель. Фактически к

1990 г. поливная площадь составила 1 млн 689 тыс. га [9]. По расчетам, урожайность основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в этой зоне, должна была увеличиться в 3–4 раза по сравнению с богарной [10]. На орошаемых землях были развернуты агрохимические исследования. Большую помощь в их организации и проведении оказала Географическая сеть опытов с удобрениями при существовавшем в то время Всесоюзном НИИ удобрений и агропочвоведения (ныне – ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова). Гео-сеть готовила и издавала методические указания по проведению опытов, выпускала практические рекомендации по применению удобрений и осуществляла обобщение результатов агрохимических опытов в условиях орошения [11–14].

В настоящем обзоре приведен краткий анализ результатов агрохимических исследований, выполненных на темно-каштановых почвах Поволжья с середины семидесятых годов прошлого века и по настоящее время.

#### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ОРОШАЕМЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОЙ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ

Темно-каштановые почвы, преимущественно тяжелого гранулометрического состава, преобладают в северной, более увлажненной части сухой степи Поволжья. Они вплотную примыкают к черноземам южным. Вдоль левого берега р. Волги сосредоточены темно-каштановые террасовые почвы. Они, как правило, имеют облегченный гранулометрический состав (легко- и среднесуглинистые) и поэтому обладают лучшими агрохимическими и агрофизическими показателями [5]. В центральном и южном Заволжье преобладают сырцовые темно-каштановые почвы, получившие название от расположенной здесь Сыртовой равнины. Они в основном имеют тяжелый гранулометрический состав (тяжелосуглинистый и глинистый) с отчетливо выраженной солонцеватостью.

Изучение почв сухой степи Поволжья показало, что их распахивание и вовлечение в сельскохозяйственный оборот привело к деградации их состояния. Усилилась минерализация гумуса и азотистых соединений почвы, снизилась сумма поглощенных оснований и произошло уменьшение в ней доли кальция, уменьшилась биологическая активность почв пахотных угодий [8, 15].

Как показала практика, орошение усилило деградационные процессы. Помимо дегумификации и снижения эрозионной устойчивости прак-

тически повсеместно отмечен подъем уровня грунтовых вод, последующее засоление и потери доступных для растений элементов питания. В итоге, в период наибольшего развития орошения (1991–1993 гг.) доля деградированных поливных земель в Астраханской обл. составила 68.5, Саратовской – 26.9, Волгоградской – 20.8 и Самарской – 15.1% от их общей площади [9].

Широкомасштабные агрохимические опыты, начатые в конце 1960-х гг. прошлого века, показали, что в повышении урожайности орошаемых культур и регулировании плодородия поливных земель огромное значение принадлежит удобрениям [16].

Многолетними исследованиями ученых Саратовского СХИ было установлено, что на впервые орошаемой темно-каштановой почве Саратовского Заволжья культуры зернокармливого севооборота хорошо отзывались на внесение минеральных удобрений, навоза и зеленого удобрения. Эквивалентные по действующему веществу дозы органических и минеральных удобрений (или их сочетаний) практически одинаково влияли на продуктивность как травяного, так и пропашного севооборотных звеньев [4]. На динамику содержания питательных веществ, урожай и его качество запашка зеленой массы тригонеллы (до 27 т/га) в пропашном звене севооборота оказала примерно такое же действие, как и доза навоза 40 т/га.

В сопоставимых вариантах в пропашном севообороте было собрано больше продукции в условных зерновых единицах, чем в травяном. Но прибавки урожая относительно контроля в обоих севооборотах были равнозначные, что свидетельствовало об одинаковой эффективности удобрений в разных севооборотах. В сопоставимых вариантах в травяном севообороте было получено в 2 раза больше белка, чем в пропашном, по экономическим показателям отмечена обратная зависимость.

На содержание органического вещества почвы в травяном севообороте удобрения оказали лучшее влияние, чем в пропашном. Достоверное увеличение исходного содержания гумуса в обоих севооборотах отмечали при заделке навоза 80 т/га и сочетании навоза 40 т/га с минеральными удобрениями. Одни минеральные удобрения и пожнивной сидерат оказывали на этот показатель плодородия неустойчивое влияние.

На прирост сухой надземной массы растений, интенсивность накопления ими питательных веществ и водопотребление в первый год действия удобрений лучше влияли минеральные удобрения. Влияние органических удобрений на эти по-

казатели заметнее проявилось в последствии. В равноудобренных вариантах в обоих севооборотах в сумме за ротацию накапливалось одинаковое количество сухой надземной массы растений.

Вынос элементов питания в удобренных вариантах повышался. Баланс питательных веществ в одинаково удобренных вариантах в каждом севообороте складывался равновеликий. В травяном севообороте баланс азота в удобренных вариантах был положительным или близок к нему, а калия — остродефицитный. В пропашном севообороте расход азота превышал его поступление, а баланс калия приближался к положительному [4].

В этот же временной период в Саратовском СХИ изучали вопросы удобрения гороха как новой для условий орошения культуры. Показано, что внесение минеральных удобрений под горох в темно-каштановые почвы Саратовского Заволжья способствовало повышению урожая и улучшению его качества.

Наиболее эффективным оказалось применение фосфорно-калийных удобрений с добавлением небольшой дозы азота (N20P40K40): прибавка составила 5.8 ц/га, и фосфорно-калийного удобрения (P40K20): прибавка была равна 4.1 ц/га. Высокоэффективным было внесение гранулированного суперфосфата в рядки при посеве в дозе P10, повысившего урожай зерна в среднем за 3 года на 2.1 ц/га. Из микроудобрений перспективно оказалось внесение полимикродобрения ПМУ-7 в дозе 100 г препарата/ц семян.

Минеральные удобрения положительно влияли на качество урожая гороха. В этом отношении лучший результат был получен от применения полного удобрения N20P40K40, заметно увеличившего содержание сырого протеина и снизившего количество клетчатки в зерне гороха. На повышение содержания жира в семенах наиболее благоприятное действие оказывало фосфорное удобрение как при раздельном, так и совместном внесении с калийным удобрением. Удобрения повышали зольность растений и снижали содержание сырой клетчатки, улучшая тем самым пищевые достоинства гороха. Внесение минеральных удобрений способствовало улучшению питательного режима почвы — повышению ее нитрификационной способности и увеличению содержания подвижных форм калия и фосфора в ней [18].

Помимо гороха новыми культурами для орошаемых земель в Поволжье также были соя [19], сахарная [20] и кормовая [21] свекла, подсолнечник [22]. Для них определили оптимальные виды, дозы и сочетания минеральных удобрений.

Общим результатом этих опытов было также то, что они позволили выявить положительное влияние удобрений не только на урожай, но и на качество получаемой продукции. Следует также отметить слабую отзывчивость указанных культур на внесение калия. В опытах с сахарной свеклой [20] впервые в условиях сухой степи Поволжья выявлена высокая эффективность микроудобрений (бора, молибдена).

В семидесятые—восьмидесятые годы прошлого века на орошаемых землях Поволжья самые большие площади занимала яровая пшеница. Актуальным для этого времени был вопрос о подборе сортов этой культуры, пригодных для возделывания в условиях орошения. Усилиями ученых данная проблема была решена [23–25]. Установлено, что максимальной потенциальной продуктивностью в условиях Поволжья обладали короткостебельные сорта мексиканской селекции. Они обеспечивали получение до 6.0 т/га первоклассного зерна при оптимальном водном режиме и внесении N120–160 [25]. Для яровой, а также озимой пшеницы в НИИ сельского хозяйства Юго-Востока были определены диагностические показатели азотного и фосфорного питания [26].

Из кормовых культур в условиях орошения доминировала кукуруза на силос. В рассматриваемый временной период наиболее актуальными можно назвать работы по изучению эффективности разных видов и доз азотных удобрений [27]. Результаты опытов показали равноценное в условиях орошения действие нитратных и аммиачных солей, а также позволили определить глубину опускания нитратов с поливной водой в темно-каштановых террасовых почвах. Не менее интересные сведения удалось получить при совместном изучении режимов орошения и доз минеральных удобрений [28].

В опытах с орошаемой яровой пшеницей в 1970-е гг. выявлялась возможность использования на удобрительные цели отходов химической промышленности. Доказана возможность внесения отработанного силикагелевого катализатора (отход производства синтетического спирта) в качестве фосфорного удобрения [29]. Выявлена целесообразность использования побочного продукта при получении акриловой кислоты, содержащего сульфат аммония [30].

Большое внимание в исследованиях на орошаемых землях Поволжья уделяли органическим удобрениям. Помимо навоза крупного рогатого скота, изучали возможность использования на удобрительные цели соломы зерновых культур [31]. Однако это направление в последующем не получило широкого распространения. Зато на

темно-каштановых почвах Заволжья большое внимание уделяли изучению зеленого удобрения [10, 13, 32–36]. Учеными Саратовского СХИ было установлено, что введение бобовых однолетников в полевые орошаемые севообороты служит важным средством поднятия плодородия почвы. Испытание различных способов использования посевов гороха и тригонеллы (на зерно, зеленую массу и сидерацию) показало, что они оказывали неодинаковое влияние на элементы почвенного плодородия.

Основные посевы гороха и тригонеллы на зерно и зеленую массу заметно влияли в течение 2-х лет на мобилизацию подвижных азотных и фосфорных соединений в почве. Влияние гороха, убираемого на зерно, проявлялось на урожае 2-х зерновых культур. Пожнивные бобовые, выращиваемые на зеленую массу, улучшали условия азотного и фосфорного питания преимущественно под первой и последующей культурой.

Особенно заметно повышала плодородие орошаемых земель запашка бобовых сидератов. Под влиянием зеленого удобрения в почве увеличивалось содержание гумуса и общего азота, улучшались водно-физические свойства (сложение, структура, водный режим) и пищевой режим (запасы усвояемых форм азота и фосфора). Положительное влияние бобовых сидератов в занятом пару на элементы почвенного плодородия наблюдали в течение продолжительного периода (3–4 года).

Положительное действие пожнивных бобовых, выращиваемых на зеленую массу, заканчивалось на урожае 2-й культуры, прибавки которого, по данным за 1966 и 1968 гг., составили всего 1.0 ц/га, а бобовых весеннего сева на зеленую массу – на 3-й культуре (прибавка урожая силосной массы кукурузы равнялась 8–11 ц/га).

Применение зеленого удобрения в пару обеспечивало получение наибольших прибавок 4-х последующих культур. Запашка пожнивного удобрения заметно снижала прибавки урожая индикаторных культур. Однако этот срок внесения зеленого удобрения позволял получать в год запашки сидерата урожай зерна яровой пшеницы 26.5 ц/га (среднее за 3 года).

Заделку зеленого удобрения в темно-каштановые поливные почвы Заволжья более целесообразно производить за счет промежуточных, в частности, пожнивных посевов бобовых растений [7, 8, 10]. Пожнивное зеленое удобрение по сравнению с сидеральным паром быстрее окупает затраты на их применение и позволяет получать наибольшее количество добавочного товарного зерна [10].

По данным Саратовского ГАУ, на орошаемой темно-каштановой почве сухостепного Заволжья при заделке 3-го укоса многолетних сидеральных культур в почву поступает от 5.0 до 8.23 т/га свежего органического вещества [11]. Наибольшее поступление органического вещества в почву обеспечивает люцерна синегибридная 3-го года жизни. Бобовые и злаково-бобовые сидеральные удобрения способствовали поступлению достаточного количества азота в почву – 86–120 кг д.в./га.

Сидерация оказывает положительное действие на физическое состояние деградированной староорошаемой темно-каштановой почвы. Наибольший эффект обеспечивает запашка люцерны синегибридной 3-го года жизни, в результате которой на конец звена кормового севооборота достигается снижение плотности почвы на 0.11 г/см<sup>3</sup> и увеличение общей пористости на 8.2%.

Применение сидерации в звене кормового севооборота не обеспечивало создание бездефицитного баланса азота. Запашка сидеральной массы козлятника и люцерны способствовала уменьшению дефицитности баланса азота на 2.1–7.5%. Использование сидератов повышало урожайность культур звена кормового севооборота в прямом действии и последствии. Наибольший эффект в прямом действии достигался при запашке козлятника восточного 6-го года жизни, обеспечивая прибавку урожайности силосной травосмеси на 13.3%. В последствии наибольшую прибавку урожая (3.6%) обеспечивала запашка на зеленое удобрение люцерны синегибридной 3-го года жизни.

Одним из негативных последствий длительно интенсивного использования орошаемых земель является ухудшение их агрохимических свойств и, в первую очередь, снижение содержания гумуса, ухудшение его качественного состава. Результаты исследований, проведенных в ОПХ ВолжНИИГиМ Энгельсского р-на Саратовской обл., показали, что процесс минерализации гумуса в орошаемых землях Саратовского Заволжья был более выраженным по сравнению с неорошаемыми землями. Например, за 20 лет (с 1964 по 1984 гг.) содержание гумуса в орошаемой темно-каштановой почве ОПХ ВолжНИИГиМ уменьшилось на 1%, в то время как в неорошаемых условиях в данном подтипе почв в среднем по Саратовской обл. – на 0.7% [13].

Было установлено, что дегумификация усиливалась с увеличением периода орошения и интенсификации земледелия. Изучение динамики изменения содержания гумуса в темно-каштановой почве показало, что с 1948 по 2008 гг. содержание

гумуса уменьшилось с 3.80 до 2.66%. Была установлена регрессионная зависимость содержания гумуса в орошаемой террасовой темно-каштановой почве хозяйства от времени за 60-летний период. Она носит нелинейный характер и описывается уравнением (критерий Нэша–Сатклиффа = 0.89):

$$C = 0.0002T^2 - 0.84T + 852.7,$$

где  $C$  – содержание гумуса, %;  $T$  – год.

Согласно этой зависимости, ежегодное уменьшение содержания гумуса за рассматриваемый период составило в среднем 0.02% в абсолютных единицах. При этом скорость процесса дегумификации почв ОПХ ВолжНИИГиМ значительно изменялась в течение 60-летнего периода. За первые 20 лет содержание гумуса снижалось в среднем на 0.01% в год. В последующем темпы этого снижения значительно возросли. Наряду с чередованием циклов увлажнения–высушивания почвы такое ускорение этого процесса было обусловлено значительной интенсификацией растениеводства, приведшей к существенному увеличению урожайности поливных культур и выноса ими элементов питания.

Суммарное отчуждение азота возделываемыми культурами возросло за рассмотренный период в 1.94 раза. Примененные дозы азотных удобрений не обеспечивали компенсации увеличивающегося выноса азота. Это привело к созданию постоянного дефицитного баланса этого элемента, повлекшего за собой уменьшение содержания органического вещества почвы и снижение запасов гумуса на 30% по сравнению с исходным.

Определенную роль сыграло и увеличение в структуре посевов доли пропашных культур, отсутствие азотфиксирующей способности у регулярно удобряемой люцерны, уменьшение объемов внесения навоза.

Уменьшение запасов гумуса в почве сопровождалось ухудшением его качественного состава. Негативное воздействие более чем полувекового орошения отразилось на снижении в почве ОПХ ВолжНИИГиМ содержания суммы гуминовых кислот (**ГК**), отношения суммы **ГК** к сумме фульвокислот (**ФК**) – с 2.5–2.2 до 2.3–2.0 и негидролиземого остатка. В процессе орошения уменьшилась доля подвижных соединений гумусовых веществ и увеличилось содержание консервативной части гумуса.

Поэтому важной задачей являлась разработка систем удобрения, обеспечивающих поддержание бездефицитного или положительного балансов гумуса в деградированных, длительно орошавшихся

почвах. С этой целью на сильно дегумифицированных в процессе длительного орошения темно-каштановых почвах в ОПХ ВолжНИИГиМ был заложен стационарный опыт. В 6-польном зерно-травянопропашном севообороте (озимая пшеница – кукуруза на силос – горохоовсяная смесь – озимая пшеница + люцерна – люцерна – люцерна) изучали влияние разных систем удобрения, основанных на использовании органических (навоза), минеральных, органо-минеральных удобрений и недостаточного, умеренного и повышенного водообеспечения на содержание гумуса. Дозы удобрений рассчитывали методом прогнозного ротационного баланса.

Предполивную влажность в активном слое почвы поддерживали при недостаточном водообеспечении на уровне 60% НВ, при умеренном – 70% НВ в критические периоды развития культур и 60% НВ в остальные; при повышенном водообеспечении – 80% НВ в критические периоды и 70% НВ – в остальные периоды. Результаты исследований показали, что для сохранения и повышения содержания гумуса в длительно орошаемой сильно дегумифицированной темно-каштановой почве наиболее эффективной была комплексная органо-минеральная система удобрения [9].

При внесении среднегодовых доз навоза 26.6 т/га и минеральных удобрений N109P17K15 при недостаточном поливном режиме и N153P29K15 – при умеренном за 6-летнюю ротацию было достигнуто небольшое увеличение содержания гумуса (соответственно на 0.07 и 0.17%). Значительного увеличения содержания гумуса (на 0.53%) удалось добиться путем применения высокой дозы навоза и минеральных удобрений (среднегодовые дозы – 53.3 т/га и N196P73K28 соответственно).

В стационарных опытах на Ершовской опытной станции изучали приемы воспроизводства плодородия орошаемых темно-каштановых почв сыртового Заволжья и приемы управления минеральным питанием сельскохозяйственных культур [37]. Результаты многолетних исследований показали, что при отрицательном балансе органических веществ в почве трудно- и негидролизуемые формы азота являлись основными первичными источниками образования гумусовых кислот, легкогидролизуемого органического и минерального азота, а при положительном балансе – основными формами биологического закрепления азота и углерода.

При этом положительный баланс гумуса в почве (+0.50 т/га в год) и общего азота (+26.9 кг/га в год) складывался только при применении органо-

минеральных систем удобрения (навоз 80 т/га + N45P53,2 ежегодно + пожнивно-корневые остатки (ПКО) люцерны) локально в слое 0–40 см. Это происходило за счет минерализации органического вещества с узким соотношением С : N, которое дважды в течение 8-ми лет массивованно поступало в почву, минерализуясь на 73% в слое 0–40 см и на 68% в слое 0–100 см при коэффициенте гумификации органического углерода 16% и фульватном типе гумуса.

При вовлечении в активный биохимический круговорот различных форм азотосодержащих органических веществ во всем профиле почвы стабилизация гумусового комплекса была возможна только путем непрерывного воспроизводства биотермодинамически устойчивого гумуса. Это достигалось при положительном балансе органических веществ с умеренным соотношением С : N преимущественно за счет побочной продукции агроценозов, возделывания многолетних трав, применения минерального азота под бобовые культуры на фоне нисходящей миграции свободных гумусовых кислот с последующим их закреплением в почве.

При коэффициентах симбиотической азотфиксации в надземной биомассе люцерны 2–3-го года жизни >0.8, а в ПКО – >0.7, неудобряемая азотом люцерна за 3 года жизни вовлекала в биологический круговорот общего азота 864–1180 кг/га, в том числе 80–82% – симбиотически фиксированного, и в почве под травами складывался слабовыраженный положительный баланс азота. На обогащение почвы азотом сверх его потребления из почвы урожаями тратилось 3–5% от количества азота, вовлеченного в круговорот. Активное использование азота почвы и минерализующихся корневых остатков вегетирующей люцерной существенно снижало запасы биологического азота в почве после многолетних трав с формированием отрицательного баланса азота в почве.

Экологическая опасность загрязнения почвогрунтов мигрирующим азотом возникает при поступлении биофильных минеральных и органических азотосодержащих веществ в размерах, существенно превышающих ассимиляцию азота микробиотой и растениями за вегетацию.

Систематическое внесение фосфора с удобрениями в дозах, превышающих его вынос с урожаями, существенно обогащало слой 0–40 см почвы общим фосфором. При этом происходило увеличение содержания минеральных фосфатов I–II фракции (по Чангу–Джексона) почти во всем почвенном профиле, но с резким возрастанием потерь общего фосфора из слоя 40–100 см почвы

[37]. Разрушение минеральных высокоосновных фосфатов почвы в слое 40–100 см происходило в результате гидролитического воздействия как мигрирующих минеральных удобрений, так и фульвокислот, образующихся при минерализации большой массы органических удобрений и пожнивно-корневых остатков люцерны с узким соотношением С : N.

При снижении азотминерализующей способности орошаемой почвы решающим фактором формирования высокопродуктивных агроценозов была оптимизация их азотного питания путем применения, главным образом, азота минеральных удобрений под бобовые культуры. Высокая эффективность фосфорных удобрений была возможна на почвах с низким содержанием подвижного фосфора. При больших запасах в почве общего и обменного калия непрерывное восстановление запасов обменного калия путем систематического применения K120 не влияло на условия калийного питания растений.

Применение навоза с минеральным азотом сужало отношение С : N в почве, усиливало минерализацию органических веществ в период вегетации с дополнительным накоплением подвижных элементов. Это существенно повышало уровень минерального питания растений и общую агроэкономическую эффективность использования почвы при меньших потерях азота почвы и удобрений.

Азотные удобрения не влияли существенно на урожай биомассы люцерны и содержание в ней протеина. Складывающийся в результате синергического эффекта высокий уровень азотного питания яровой твердой пшеницы, идущей после пласта люцерны, обеспечивал формирование высококачественного зерна до 4.0–4.5 т/га без применения азотных удобрений.

Потенциальная способность сильных сортов мягкой озимой и яровой пшеницы к формированию высококачественного зерна реализовалось путем создания относительно избыточного азотного питания в онтогенезе, когда дальнейшее его усиление существенно не повышало урожай зерна. Усиление фосфорного питания, как правило, ухудшало качество зерна [37].

На орошаемых темно-каштановых почвах Поволжья большое внимание уделялось исследованиям эффективности удобрений и прогрессивных систем орошения на плантациях овощных культур. Исследования в этом направлении были начаты Саратовским СХИ в начале 1970-х гг. [38]. Полученные результаты показали, что при возделывании огурца в условиях орошения требуется

полное минеральное удобрение. В дальнейшем, при проведении так называемых экономических реформ, оросительные системы, где поливы осуществлялись дождеванием, были разрушены. Овощные культуры стали возделываться в Заволжье при внутрпочвенном капельном поливе и использовании мелкодисперсного дождевания. Это потребовало внесение определенных корректив в агрохимические исследования.

Например, в Саратовском ГАУ изучали влияние удобрений, режимов капельного орошения, а также гуминовых препаратов на свойства темно-каштановых почв и урожайность томата, перца сладкого, капусты белокочанной, баклажана, огурца, других овощных культур и картофеля [39–46]. Установлено, что внесение минеральных удобрений в расчетных дозах N100P50K40 и N190P80K70 способствовало улучшению азотного и фосфорного режимов темно-каштановых террасовых почв: содержание аммиачного азота в период высадки рассады перца сладкого увеличилось в удобренных вариантах на 47–59%, нитратного – на 42–60%, доступного фосфора – на 38–49%. Положительное влияние азотных и фосфорных удобрений на азотный режим почвы отмечено до периода биологической спелости плодов перца сладкого. Внесение калийных удобрений не приводило к заметным изменениям содержания обменного калия в темно-каштановой почве [39].

При выращивании перца сладкого на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья общий вынос азота составил 119–323, фосфора – 41.5–108, калия – 186–589 кг/га. Значительных различий в выносе элементов питания между гибридом Фламинго и сортом Подарок Молдовы не выявлено. Внесение расчетных доз удобрений увеличивало общий вынос азота гибридом Фламинго в 1.43–2.39, фосфора – в 1.32–2.33, калия – в 1.12–1.96 раза; сортом Подарок Молдовы соответственно в 1.27–1.84, 1.23–2.12 и 1.12–1.96 раза. Повышение предполивного порога влажности с 70 до 80% НВ также увеличивало общий вынос элементов питания.

Дозы удобрений и режимы капельного орошения не оказывали заметного влияния на структуру потребления элементов питания различными органами растений перца сладкого: основное их количество шло на формирование ботвы, наименьшее – корневой системы. У сорта Подарок Молдовы доля от потребления всех элементов питания на формирование плодов была больше по сравнению с гибридом Фламинго.

Средний во всех вариантах опыта вынос на 1 т товарной продукции гибрида Фламинго составил: азота – 4.62, фосфора – 1.61, калия – 8.59 кг д.в. и был значительно меньше, чем сорта Подарок Молдовы: соответственно 5.60, 2.15 и 9.38 кг д.в. Наиболее благоприятные условия для экономного расходования элементов питания на построение единицы товарной продукции складывались при расчетной дозе удобрений на урожай 40 т/га и режиме 80% НВ для гибрида Фламинго и 70% НВ – для сорта Подарок Молдовы. Ни один из изученных режимов капельного орошения перца сладкого не приводил к достоверному изменению плотности, пористости и структуры темно-каштановой террасовой среднесуглинистой почвы.

В опытах с капустой белокочанной определены ее биоклиматические коэффициенты ( $K_{\theta}$ ) при выращивании в Саратовской обл. Их максимум приходился на период начало завязывания кочана–техническая спелость и составлял 0.35–0.42 мм/мб или 0.20–0.18 мм/°С, в среднем за вегетационный период  $K_{\theta}$  культуры был равен 0.38 мм/мб или 0.19 мм/°С [40]. Наиболее эффективно почвенная влага и поливная вода использовались при режиме капельного орошения 70% НВ и расчетной дозе удобрений на урожай 70 т/га: коэффициент водопотребления составил 63.3, использования оросительной воды – 29.3 м<sup>3</sup>/т.

На почвах степной зоны с высоким содержанием гумуса, доступного фосфора и обменного калия общее потребление азота капустой белокочанной поздней достигало 187, фосфора – 57.4, калия – 253 кг/га, общий вынос соответственно – 172, 52.9 и 233 кг/га. Интенсификация поливного режима, внесение минеральных удобрений и повышение их доз увеличивали общий вынос элементов питания.

Вынос элементов питания на 1 т товарной продукции сорта Амагер 611 составил: азота – 1.76, фосфора – 0.53, калия – 2.4 кг д.в., гибрида Колобок F1 соответственно – 1.27, 0.39 и 1.74 кг д.в. Интенсификация режима орошения капусты белокочанной поздней не оказывала заметного влияния на вынос NPK 1 т продукции. Применение удобрений, особенно в высоких дозах, увеличивало вынос элементов питания на единицу товарной и соответствующее количество побочной продукции.

Повышение предполивного порога влажности почвы и внесение изученных доз минеральных удобрений достоверно повышало урожайность капусты белокочанной поздней. По мнению авторов, наилучшим сочетанием факторов, форми-

рующих урожай, было: режим капельного орошения 90% НВ и расчетная доза ННК на урожай 70 т/га, обеспечившие наибольшую урожайность сорта Амагер 85.6 т/га и гибрида Колобок F1 69.6 т/га, а также высокую окупаемость удобрений.

Интенсификация водного питания способствовала снижению содержания в кочанах капусты белокочанной поздней сухих веществ, сахаров и витамина С соответственно на 10.0, 7.5 и 7.9%. Улучшение условий минерального питания положительно влияло на данные показатели качества. Несмотря на это, внесение удобрений и увеличение их доз повышало на 15.8–47.5% содержание в кочанах нитратов, но оно было значительно меньше ПДК [40].

В опытах Саратовского ГАУ с баклажанами было установлено, что самое эффективное использование влаги 54.0 м<sup>3</sup>/т и оросительной воды 40.1 м<sup>3</sup>/т достигалось при сочетании режима капельного орошения 90% НВ и расчетной дозы удобрений на урожай 80 т/га [41].

На почвах с высоким содержанием гумуса и высокой обеспеченностью доступным фосфором и обменным калием общее потребление баклажанами азота достигало 348, фосфора – 90.0, калия – 561 кг/га, общий вынос соответственно – 321, 82.0 и 532 кг/га. Сорт Алмаз выносил азота больше на 3.7, фосфора – на 12.6, калия – на 7.5% по сравнению с сортом Черный красавец.

Внесение расчетных доз удобрений увеличивало общий вынос азота сортом Черный красавец на 11.4–57.9%, фосфора – на 14.9–44.3, калия – на 19.7–54.9%, сортом Алмаз – соответственно на 24.0–55.8, 25.3–52.5 и 26.4–50.6%. Повышение предполивного порога влажности с 70 до 80 и с 70 до 90% НВ увеличивало общий вынос азота сортом Черный красавец на 2.3–27.0, фосфора – на 9.5–16.3, калия – на 2.2–17.5%, сортом Алмаз – соответственно на 17.6–34.0, 17.7–12.2, 10.3–20.9%.

Режимы капельного орошения и дозы удобрений не оказывали заметного влияния на структуру потребления элементов питания различными органами растений: основное количество азота (50.2–56.6%), фосфора (48.4–52.1%), калия (54.4–57.6%) шло на формирование листостебельной части, наименьшее – корневой системы. Сорт Алмаз характеризовался лучшей структурой потребления НРК, большая доля которых расходовалась им на формирование плодов.

Вынос элементов питания 1 т товарной продукции сорта Черный красавец составил: азота – 3.27, фосфора – 0.98, калия – 6.29, сорта Алмаз: соответственно 3.56, 1.15 и 7.13 кг д.в. Интенсификация водного и минерального питания баклажан способствовала более экономному расходованию

элементов питания, уменьшая вынос НРК 1 т плодов культуры.

Повышение предполивной влажности почвы и внесение изученных доз минеральных удобрений достоверно повышало урожайность баклажан. Наибольшая урожайность плодов сорта Черный красавец 88.7 т/га и сорта Алмаз 81.2 т/га получены при режиме капельного орошения 90% НВ и расчетной дозе на урожай 80 т/га.

Интенсификация водного питания способствовала увеличению содержания в плодах баклажан сухих веществ, сахаров и витамина С соответственно на 21.8, 17.0 и 35.5%. Улучшение условий минерального питания также положительно влияло на данные показатели качества. Несмотря на то, что внесение удобрений и увеличение их доз повышало содержание в плодах нитратов, оно было значительно меньше ПДК [41].

В опытах [42, 43] опрыскивание вегетирующих растений огурца и томата растворами гуминовых препаратов и хелатных микроудобрений не повлияло на питательный режим орошаемой темно-каштановой почвы. Содержание нитратного азота, обменного аммония и доступного фосфора достоверно не различалось в вариантах опыта и изменялось только под влиянием погодных условий вегетационного периода.

Обработка растворами гуминовых препаратов и хелатных микроудобрений вегетирующих растений огурца и томата увеличивала содержание азота, фосфора и калия в плодах и вегетативной массе, что способствовало повышенному накоплению надземной биомассы удобренными растениями. Гуминовые препараты и особенно их сочетания с хелатными микроудобрениями способствовали повышению водоудерживающей способности растений огурца и томата. Обработка вегетирующих растений гуматом калия-натрия с микроэлементами повышала водоудерживающую способность огурца на 13.1, томата – на 2.6%, препаратом реасил микро гидро микс – на 12.6 и 4.9% соответственно. Совместное применение гуминовых препаратов с препаратом реасил гумик N увеличило водоудерживающую способность растений огурца на 14.5 и 15.7%, томата – на 6.3 и 8.9% соответственно.

Применение гуминовых препаратов и хелатных микроудобрений увеличивало общий вынос элементов питания. Особенно значительное увеличение этого показателя отмечено при обработке препаратом реасил гидро микс, при которой общий вынос растениями огурца увеличился: азота – на 35.9, фосфора – на 33.9, калия – на 36.2%, томатами – соответственно на 19.1, 21.6 и 19.4%. Наибольший общий вынос НРК растениями огурца наблюдали при применении препарата реасил форте кальций магний бор аминок, томатами – препарата реасил гумик азот на фоне применения реасила гидро микс.



Гуминовые препараты и хелатные микроудобрения не оказывали заметного влияния на вынос элементов питания на единицу товарной и соответствующее количество побочной продукции. Средний во всех вариантах опыта вынос НРК на 1 т плодов огурца составил: азота – 3.17, фосфора – 1.60, калия – 4.56 кг, томатов – соответственно 4.37, 1.98 и 4.23 кг.

На орошаемых темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья наибольшая урожайность плодов огурца 31.0 и 31.1 т/га получена при применении на фоне препарата реасил микро гидро микс, препаратов реасил форте азот гумик и реасил форте кальций магний бор: томата – 79.0 т/га – при применении реасила микро аминок меди на фоне гумата калия-натрия с микроэлементами.

Прибавка урожая огурца в результате применения гуминовых препаратов и хелатных микроудобрений была обусловлена в основном увеличением средней массы плода (на 7–24%) и их количества на единице площади (на 51–40%), томата – повышением средней массы плода (на 10–18%) и их количества на одном растении (на 20–22%).

Гуминовые препараты и хелатные микроудобрения способствовали большему накоплению сахаров и увеличивали содержание витамина С в плодах огурца соответственно на 11–13 и 7–8%, томата – на 9–10 и 7–12%. Содержание нитратов в плодах огурца и томата было в 4–6 раз меньше ПДК [45].

При возделывании огурца гибрида F<sub>1</sub> Меринго на орошаемых темно-каштановых почвах Саратовского Левобережья для получения урожайности плодов 31.1 т/га авторы рекомендовали после появления 2-й пары настоящих листьев обрабатывать растения раствором препарата реасил микро гидро микс в норме 1.0 л/га, в фазах цветения и начала плодообразования проводить опрыскивания растений раствором препарата реасил форте карб кальций магний бор в норме 1.0 л/га.

При возделывании томата сорта Новичок красный для получения кондиционных плодов 79.0 т/га рекомендовали: через 5–8 сут после высадки рассады обрабатывать растения раствором гумата калия-натрия с микроэлементами в норме 1.0 л/га, в фазах цветения и начала плодоношения проводить опрыскивания препаратом реасил микро аминок медь в норме 1.0 л/га [46].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Массовые агрохимические исследования на орошаемых темно-каштановых почвах Поволжья были развернуты в конце 1960-х–начале 1970-х гг. За истекший период сельскохозяйственными научными учреждениями и высшими учебными заведениями проведена большая работа, в которой неопределимую научную и методическую помощь в ее осуществлении оказала Географическая сеть опытов с удобрениями. Исследования проводили как в краткосрочных, так и в многолетних стационарных опытах.

Установлено, что систематическое внесение органических удобрений и их сочетаний с минеральными повсеместно оказывало положительное влияние на содержание в орошаемой темно-каштановой почве гумуса и доступных для растений соединений азота и фосфора. Улучшение плодородия орошаемых почв также достигали при включении в севообороты многолетних бобовых трав (2–3 поля). Выявлена отзывчивость зерновых, зернобобовых, кормовых и технических культур на различные виды и дозы минеральных удобрений. Определены дозы и сочетания удобрений, позволяющие получать максимальные в условиях сухой степи прибавки урожая и улучшающие качество получаемой продукции.

В последние годы, в связи с ликвидацией крупных оросительных систем с поливами дождеванием, увеличиваются площади внутрипочвенного полива, в том числе капельного орошения. Его используют главным образом при возделывании овощных культур. Это оказало большое влияние на направленность агрохимических исследований. Выполнены работы по удобрению культур томата, огурца, перца сладкого, капусты белокочанной, баклажана, картофеля и других овощных культур. Они позволили установить не только оптимальные при данном способе полива дозы минеральных удобрений, но и оценить эффективность различных видов препаратов на основе гуминовых кислот и хелатных форм микроудобрений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делиникайтис С.А. Краткий обзор состояния, работ и перспектив Валуйской мелиоративной станции им. П.А. Костычева (1894–1929). Покровск, 1930. 185 с.
2. Константинов П.Н., Кубарева А.В., Быстров В.С. Краткий обзор деятельности Краснокутской с.-х. опытной станции. Саратов: Юго-Восточное обл. изд-во, 1923. 57 с.
3. Садовников И.Ф. Почвы южного Заволжья как объект орошения. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 491 с.

4. *Антипов-Каратаев И.Н., Филиппова В.Н.* Влияние длительного орошения на процессы почвообразования и плодородия почв степной полосы Европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 206 с.
5. *Горелик Л.А.* Агрохимическая характеристика темно-каштановых террасовых почв и эффективность удобрений в условиях орошения: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1968. 20 с.
6. *Барановская В.А.* Влияние орошения на современный почвообразовательный процесс // Динамика почвенных процессов и плодородия орошаемых земель: сб. научн. тр. Волгоград, 1990. С. 22–35.
7. *Пожилков В.И.* Рациональное применение удобрений как фактор повышения продуктивности орошаемых культур и плодородия почвы в Нижнем Поволжье: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Ленинград–Пушкин, 1991. 40 с.
8. *Пронько В.В., Левина В.С., Панасов М.Н.* Агрохимические свойства каштановых почв Саратовского Заволжья и их трансформация при антропогенном воздействии // Аграр. научн. журн. 2010. № 4. С. 21–25.
9. *Пронько Н.А., Романова Л.Г., Фалькович А.С.* Изменение плодородия орошаемых каштановых почв Поволжья в процессе длительного использования и научные основы его регулирования. Саратов: Изд-во СаратовГАУ, 2005. 220 с.
10. *Радов А.С., Столыпин Е.И.* Удобрение в орошаемом земледелии. М.: Наука, 1978. 390 с.
11. Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Нижнем Поволжье / Под ред. Минеева В.Г., Чуб М.П. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1976. 192 с.
12. Рекомендации по применению минеральных удобрений на орошаемых землях / Под ред. Марченко А.Н. М.: Колос, 1977. 48 с.
13. Эффективность удобрений на орошаемых и осушаемых землях: Бюл. Географ. сети опытов с удобрениями. М.: ВИУА, 1977. Вып. 36. 105 с.
14. *Минеев В.Г.* Развитие агрохимических исследований и практика химизации земледелия в Поволжье // Мат-лы регион. совещ. Геосети опытов с удобрениями в Поволжье: Казань, 17–18.09.2009 г. М.: ВНИИА, 2014. С. 3–19.
15. *Левина В.С.* Изменение агрохимических свойств каштановых почв Саратовского Заволжья при сельскохозяйственном использовании и внесении удобрений: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2010. 16 с.
16. *Пронько В.В., Корсаков К.В., Говряков А.С., Алинкина Т.А., Гатаулин Т.С., Фомичев Г.А., Цверкунов С.В., Сычев В.Г., Лошаков В.Г., Романенков В.А.* Способы и приемы повышения эффективности применения удобрений в агроценозах Поволжья // Бюл. Геосети опытов. Вып. 19 / Под ред. Сычева В.Г. М.: ВНИИА, 2015. 44 с.
17. *Пронько В.В.* Сравнительная эффективность органических, минеральных удобрений и их сочетаний в звеньях орошаемого севооборота на темно-каштановой почве Саратовского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1981. 20 с.
18. *Белоголовцев В.П.* Влияние минеральных удобрений на продуктивность гороха в условиях темно-каштановых почв Саратовского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1968. 24 с.
19. *Губанов П.Е., Калиберда К.П., Кормилицын В.Ф.* Соя на орошаемых землях Поволжья. М.: Россельхозиздат, 1987. 94 с.
20. *Чуб М.П., Мурсанов В.П.* Влияние микроудобрений на урожай и сахаристость корней сахарной свеклы в условиях орошения // Химия в сел. хоз-ве. 1971. № 7. С. 25–27.
21. *Кравченко В.В.* Влияние органических и минеральных удобрений на питание, рост и продуктивность орошаемой кормовой свеклы на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1983. 16 с.
22. *Голубев В.Д., Пронько В.В.* Удобрение и урожай подсолнечника при орошении // Зерн. хоз-во. 1978. № 5. С. 19–20.
23. *Гречкин В.И.* Влияние орошения и удобрений на урожай и качество зерна сортов яровой пшеницы: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1970. 26 с.
24. *Подгорнов В.Г.* Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1973. 20 с.
25. *Колчина Н.А.* Влияние минеральных удобрений и режимов орошения на урожай короткостебельных сортов яровой пшеницы в Саратовском Заволжье: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 1979. 22 с.
26. *Райков В.Н.* Диагностика минерального питания озимой и яровой пшениц на орошаемых темно-каштановых почвах Поволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1988. 20 с.
27. *Медведев И.Ф.* Применение азотных удобрений под орошаемую кукурузу на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1973. 18 с.
28. *Титов В.Н.* Влияние орошения и различных доз минеральных удобрений на урожай и качество продукции кукурузы при различной глубине увлажняемого слоя: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1981. 28 с.
29. *Голубев В.Д., Белоголовцев В.П., Пронько В.В.* Новое фосфорное удобрение // Химия в сел. хоз-ве. 1976. № 5. С. 21–23.
30. *Глебов И.П.* Испытание отходов от производства акрилатов в качестве удобрений яровой пшеницы при орошении в Заволжье: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1983. 16 с.
31. *Иванов П.К., Дедюрина Л.А.* Солома и тригонелла как удобрение в условиях орошения // Вестн. сел.-хоз. науки. 1979. № 2. С. 45–48.
32. *Гаврилов А.М.* Интенсивное использование орошаемых земель. М.: Колос, 1971. 190 с.
33. *Голубев В.Д.* Зеленое удобрение в орошаемом земледелии // Применение удобрений на орошаемых землях. Сб. научн. тр. М.: Колос, 1977. С. 75–95.
34. *Голубев В.Д.* Применение удобрений на орошаемых землях. М.: Колос, 1977. 192 с.

35. *Кормилицин В.Ф.* Влияние способов использования некоторых однолетних бобовых на плодородие темно-каштановой почвы и урожай зерновых культур в условиях орошения Саратовского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1969. 22 с.
36. *Лим Ю.Р.* Влияние сидерации на плодородие орошаемой темно-каштановой почвы сухостепного Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2006. 24 с.
37. *Бокарев В.Г.* Воспроизводство плодородия орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и управление минеральным питанием сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Саратов, 2000. 46 с.
38. *Назаров В.А.* Влияние минеральных удобрений на урожай огурцов в Саратовском Заволжье при орошении: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1983. 22 с.
39. *Пронько Н.А., Новикова Ю.А.* Продуктивность перца сладкого и вынос элементов питания при разных дозах минеральных удобрений и режимах капельного орошения на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья // Макро- и микроэлементы в питании и продуктивность растений. Тр. КубанГАУ. Краснодар, 2010. С. 52–57.
40. *Пронько Н.А., Рябцева Т.Г.* Влияние удобрений на урожайность капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовской области // Экологическая стабилизация аграрного производства: Мат-лы Международ. научн. конф. Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2015. С. 55–60.
41. *Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И., Голик К.С.* Эффективность минеральных удобрений при выращивании овощных культур при капельном поливе на черноземе южном в Саратовском Правобережье // Агрохимикаты в 21 веке: теория и практика применения: Н. Новгород, Нижегородская ГСХА, 2017. С. 109–112.
42. *Пронько В.В., Степанченко Д.А., Пронько Н.А.* Влияние гуминовых препаратов на продуктивность огурца на орошаемых каштановых почвах Саратовского Заволжья // Аграр. научн. журн. 2018. № 2. С. 31–35.
43. *Пронько Н.А., Степанченко Д.А., Пронько В.В.* Влияние гуминовых препаратов на продуктивность томата на орошаемых каштановых почвах Саратовского Заволжья // Аграр. научн. журн. 2017. № 9. С. 27–27.
44. *Мелихов В.В., Новиков А.А.* Оптимальный режим капельного орошения и минерального питания раннего картофеля // Картофель и овощи. 2011. № 8. С. 16–17.
45. *Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И.* Использование воды и удобрений при капельном поливе томатов // Научн. жизнь. 2015. № 6. С. 78–85.
46. *Степанченко Д.А.* Влияние гуминовых препаратов и хелатных микроудобрений на продуктивность огурцов и томатов в Саратовском Заволжье при орошении: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2018. 20 с.

## Influence of Fertilizers on Fertility of Irrigated Dark Chestnut Soils of the Volga Region and Productivity of Agricultural Crops

**V. V. Pronko<sup>a</sup>, N. A. Pronko<sup>b</sup>, O. V. Rukhovich<sup>c</sup>, M. V. Belichenko<sup>c,#</sup>, V. A. Romanenkov<sup>c,d</sup>,  
T. M. Yaroshenko<sup>e</sup>, N. F. Klimova<sup>e</sup>, and D. Yu. Zhuravlev<sup>e</sup>**

<sup>a</sup> *Scientific Production Association "Life Force"*  
*ul. Bolshaya Sadovaya, 239, Saratov 410005, Russia*

<sup>b</sup> *N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University*  
*ul. Sovietskaya 61, Saratov 410012, Russia*

<sup>c</sup> *D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry*  
*ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127434, Russia*

<sup>d</sup> *M.V. Lomonosov Moscow State University*  
*Leninskiye Gory 1, p. 12, Moscow 119992, Russia*

<sup>e</sup> *Agricultural Research Institute of South-East Region*  
*ul. Tulaykova 7, Saratov 410010, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: mvbelichenko@gmail.com*

The analysis of the results of agrochemical studies of scientific institutions of the Volga region, carried out on irrigated dark chestnut soils. The influence of various types of organic (manure, green manure) and mineral fertilizers on agrochemical properties: the content and balance of humus, nitrogen, phosphorus and potassium is shown. High efficiency of green fertilizer was noted for intermediate and main crops, as well as perennial leguminous herbs. The combination of organic fertilizers and crops of perennial grasses at the present stage of agriculture development is the main way to reproduce the fertility of irrigated dark chestnut soils of the dry steppes of the Volga region. The results of the use of mineral fertilizers, preparations based on humic acids and chelated forms of micronutrient fertilizers on vegetable crops under the conditions of drip irrigation are considered.

*Key words:* irrigation, Volga region, dark chestnut soils, fertilizers, grain, fodder, industrial and vegetable crops.