УДК 631.5

ПРИНЦИПЫ УГЛУБЛЕННОЙ АДАПТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ИСХОДНОМУ СОСТОЯНИЮ ПОЧВЫ

ГУРЕЕВ И.И.,

доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, заведующий лабораторией адаптивных агротехнологий и средств их механизации, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» - Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, г. Курск, e-mail: gureev06@mail.ru, тел. 8-9103103908.

КЛИМОВ Н.С.,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Процессы и машины в агроинженерии», ФГБОУ ВО Курская ГСХА, г. Курск, e-mail: klimns46@mail.ru, тел. 8-9103180399.

Реферат. Целью исследований является повышение эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе их углубленной адаптации к исходному состоянию почвы. Для достижения поставленной цели необходимо выбирать конкретный способ обработки почвы, исходя из анализа потребностей её интенсивности в текущих условиях агроландшафта. Интенсивность обработок целесообразно минимизировать в допустимых пределах и тем самым предотвратить затратное, технологически не обусловленное расходование ресурсов. Адаптивный севооборот проектировать с учётом нейтрализации возможных противоречий между плодосменом и применяемыми гербицидами, имеющими продолжительное последствие. Пестициды применять вследствие необходимости дополнения агротехнических приёмов. Учитывать, что среди пестицидов адаптивными свойствами обладают послевсходовые гербициды, а также инсектициды. Регламент их применения можно корректировать в зависимости от сложившихся условий. Использование фунгицидов носит профилактический характер. Планировать показатели урожайности и качества продукции земледелия на основе функциональной диагностики, учитывающей потребность растений не только в макро-, но и в микроэлементах питания. Это позволит в большей мере реализовать адаптивный, обусловленный биологическими особенностями потенциал живых растений для экономного расходования удобрений в вариabельных почвенно-погодных условиях.

Ключевые слова: агротехнология, углубленная адаптация, состояние почвы, севооборот, защита растений, удобрение.

PRINCIPLES OF DEEP ADAPTATION TO THE INITIAL SOIL CONDITION OF CROP TECHNOLOGIES AGRICULTURAL CROPS

GUREEV I.I.,

doctor of Engineering, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Head of the Laboratory of Adaptive Agrotechnologies and Means of Their Mechanization, FSBSI «Kursk FARC» - All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion, Karl Marx Street, 70-B, Kursk, 305021, Russia, e-mail: gureev06@mail.ru, tel. 8-9103103908.

KLIMOV N.S.,

candidate of Technical Sciences, Docent, Head of the Department “Processes and Machines Agricultural Engineering”, “Kursk State Agricultural Academy”, Kursk, e-mail: klimns46@mail.ru, ph. 8-9103180399.

Essay. The aim of the research is to increase the efficiency of crop cultivation technologies based on their in-depth adaptation to the initial state of the soil. To achieve this goal, it is necessary to choose a specific method of tillage, based on an analysis of the needs of its intensity in the current conditions of the agrolandscape. It is advisable to minimize the intensity of the processing within acceptable limits and thereby prevent the costly, technologically unnecessary expenditure of resources. Design an

adaptive crop rotation taking into account the neutralization of possible contradictions between the fruit exchange and applied herbicides with a long aftereffect. Use pesticides due to the need to supplement agricultural practices. Consider that among pesticides, post-emergence herbicides and insecticides have adaptive properties. The regulation of their application can be adjusted depending on the prevailing conditions. The use of fungicides is preventative in nature. Plan indicators of productivity and quality of agricultural products based on functional diagnostics, taking into account the need of plants not only in macro- but also in micronutrients. This will make it possible to more fully realize the adaptive potential of living plants due to biological characteristics for the economical use of fertilizers in variable soil and weather conditions.

Key words: agricultural technology, in-depth adaptation, soil condition, crop rotation, plant protection, fertilizer.

Введение. В настоящее время возделывание сельскохозяйственных культур интенсифицируется на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия, определяющим подходом которых является адаптация технологий в конкретных климатических условиях к месту выращивания культур. Отсчитываемая от 60-х годов прошлого века хронология развития адаптивно-ландшафтного земледелия свидетельствует о нарастающем с течением времени уровне их адаптации к природно-ресурсному потенциалу. Каждый последующий этап характеризовался ростом продуктивности ведения земледелия, т.е. положительные свойства адаптивности с углублением её уровня проявляются в возрастающей степени.

Интегральным критерием адаптивности систем земледелия является множество сочетаний показателей исходного состояния почвы, к которому дифференцированно применяют варианты адаптивных агротехнологий в конкретных условиях [1].

Цель и задачи исследования. Повышение эффективности механизированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе их углубленной адаптации к исходному состоянию почвы.

Материал и методика исследования. Понятие адаптивности технологий интегральное, так как включает в себя составляющие элементы, основными из которых являются: обработка почвы, севооборот, защита растений от вредных организмов, удобрение. Принципы углубленной адаптации каждого из перечисленных элементов подлежат самостоятельному анализу.

Результаты исследования.

Обработка почвы. Ключевым понятием адаптивности системы земледелия является множество уровней исходного состояния почвы, к которому дифференцированно применяют варианты адаптивных технологий. Ос-

новные показатели исходного состояния почвы – плотность, засорённость и обеспеченность элементами питания на планируемую урожайность культур. Каждому из возможных сочетаний указанных свойств должен соответствовать адаптивный вариант механизированной технологии, обеспеченной требуемыми ресурсами.

Все варианты технологий начинаются с механической обработки почвы. Она многофункциональна, так как её применением можно не только разрыхлять переуплотнённую почву, но и подавлять вредные организмы, а также создавать аэробные условия в почве, способствующие минерализации органического вещества в элементы минерального питания растений.

Вследствие того, что обработка почвы во времени исполнения первая в технологиях, она оказывает влияние на содержание других приёмов по возделыванию культур. От выбора способа обработки почвы во многом зависит состав технологий и номенклатура машин для их механизации.

В свою очередь, любой обработке почвы, наряду с полезными свойствами, сопутствуют и отрицательные последствия. Это нарастающие с повышением интенсивности затраты, а также переуплотнение почвы движителями тракторов и разрушение структуры рабочими органами. Поэтому при решении вопроса о применении конкретного способа обработки следует проводить анализ потребностей её интенсивности в текущих агроландшафтных условиях. При адаптации технологий к особенностям ландшафта интенсивность обработки целесообразно минимизировать в допустимых пределах и тем самым предотвратить затратное, технологически не обусловленное излишнее расходование всех видов ресурсов, в то же время, создавая предпосылки для предотвращения загрязнения выхлопными газами

окружающей среды и техногенной деградации почвы [2].

Известный алгоритм адаптации агротехнологий к условиям ЦЧР учитывает исходное состояние почвы и взаимодействие функций основной обработки с последующими приёмами [3]. Это позволяет минимизировать количество возможных к применению вариантов технологий и повысить их адаптивность к специфике почвенных условий агроэкологической провинции [4].

Севооборот. Существует противоречие между продуктивностью земледелия (урожайность и качество сельскохозяйственных культур) и устойчивостью экосистемы. Одной из мер устойчивости экосистемы является биоразнообразие. Чем разнообразнее экосистема по свойствам сообщества, тем она устойчивее относительно колебаний внешней среды. В монокультуре биоразнообразие равно нулю, и она абсолютно неустойчива. Устойчивой её делает внешнее управление (обработка почвы, защита растений и др.), на что расходуются значительные материальные и финансовые ресурсы, т.е. агротехника высокоурожайных культур ориентирована на стабилизацию неустойчивой популяции монокультуры. Разумный компромисс между противоположными ситуациями состоит в севообороте. По меркам природы севооборот – жалкое подобие биоразнообразия, но в силу значимости данного свойства эффект от него колоссальный. Это самый дешёвый и самый эффективный приём в земледелии.

Правильно спроектированный севооборот – главное условие культурного земледелия, при котором природные факторы способствуют максимальной реализации продуктивности выращиваемых культур. Классическое определение севооборота включает в себя научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) по полям и во времени [5].

По сравнению с монокультурой севооборот обеспечивает не только рациональное использование пашни, но и повышение плодородия почвы. Наибольший эффект факторов интенсификации земледелия (сорта, обработки почвы, удобрения, орошения и др.) достигается только в условиях севооборота. По мере развития производительных сил в земледелии роль чередования культур лишь повышается [6].

Общая закономерность функционирования севооборота заключается в том, что положительные его свойства возрастают с усилением

различий чередующихся культур по биологии и технологии выращивания. В условиях севооборота оздоравливается фитосанитарная обстановка и потенциальная засорённость культур в 3-5 раз ниже, чем при беспорядочном или бесменном их выращивании [7].

Однако сложившаяся в настоящее время ситуация с засорённостью посевов не может быть радикально разрешена лишь севооборотом и другими агротехническими приёмами. Поэтому в дополнение к приёмам агротехники используют химические средства защиты растений (гербициды), которые облегчают борьбу с сорняками и позволяют сохранить урожай сельскохозяйственных культур.

Основополагающее свойство гербицидов состоит в том, что их эффективность тем выше, чем больше биологические различия между защищаемой культурой и сорняками. При наличии продолжительного и значимого последствия гербициды вступают в противоречие с севооборотом, так как в силу закономерности его функционирования последующая культура по биологическим свойствам, как правило, подпадает под действие гербицидов. Противоречия усугубляются с ростом продолжительности последствия.

Избирательность всех гербицидов обусловлена биохимическими факторами. Являясь биологически активными веществами, гербициды имеют различные периоды распада и некоторые из них обладают продолжительным последствием. Явно выраженное последствие у ряда препаратов на основе сульфонилмочевины. Практические опыты подтверждают, что остатки таких гербицидов способны сохраняться в почве достаточно долгий период и затем влиять на последующие культуры в севообороте. Из них наиболее стойкие хлорсульфурон и метсульфуронметил, которые могут сохраняться в почве несколько лет, ограничивая возможность возделывания чувствительных культур в севообороте [8].

Из практики сельскохозяйственного производства эти последствия могут выражаться как значительным угнетением культур, так и полным их уничтожением, что существенно сказывается на величине и качестве урожая. Объёмы применения гербицидов с продолжительным последствием и приносимый тем самым ущерб свидетельствуют о необходимости учёта данного негативного явления при проектировании адаптивных севооборотов. Поэтому классическое определение севооборота подлежит корректировке в следующей

редакции - научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) по полям и во времени обеспеченных химическими средствами защиты растений от сорняков.

Руководствуясь данным актуальным определением, проектировать адаптивные севообороты следует в неразрывной связи с системой защиты сельскохозяйственных культур от сорняков.

Средства химической защиты растений. В адаптивном земледелии мероприятия по уничтожению вредных организмов сочетаются с мерами повышения конкурентоспособности возделываемых культур против них. В настоящее время в угоду роста продуктивности культур селекцией существенно снижена их генетическая способность противостояния вредным организмам. В условиях интенсификации земледелия технологические возможности обработки почвы оказались не всегда достаточными для удовлетворения возросшим требованиям, вследствие чего данный приём приходится дополнять химическими средствами защиты растений – пестицидами.

При обосновании целесообразности использования пестицидов в технологиях возделывания культур приоритет принадлежит обработке почвы и другим агротехническим приёмам, что оправдано как с экономических, так и с экологических позиций. Пестициды следует применять от безысходности – в случае необходимости дополнения агротехнических приёмов.

Сорняки уничтожают гербицидами. Действующие вещества их могут проникать в растения через почву и корни (почвенные гербициды) или через листья (послевсходовые гербициды). Известны также препараты, проникающие в растения через почву, корни и листья.

Почвенные гербициды применяют перед посевом культуры, тщательно смешивая их с почвой. Они блокируют первые волны сорняков, освобождая культуру от конкурентов в начальной фазе развития. Достаточно длительный период действия почвенных гербицидов создаёт предпосылки обработки посевов в требуемые агротехнические сроки при недостатке кадровых ресурсов и техники.

Однако использование почвенных гербицидов сопряжено с целым рядом ограничений и негативных последствий. Это подавление биологической активности почвы, угнетение проростков культуры, риски смыва препаратов и загрязнения ими водоёмов и др.

При послевсходовом применении гербицидов исключается заранее не определяемое влияние на их эффективность неконтролируемых факторов, таких как структура и влажность почвы, содержание гумуса, *pH*-реакция почвенного раствора и др. Немаловажно и то, что послевсходовые гербициды не угнетают культуру в наиболее чувствительный период – фазе прорастания.

Комбинированный способ защиты культур почвенными и послевсходовыми гербицидами применяют как вынужденную меру в случае высокой прогнозируемой засорённости посевов и недостаточной обеспеченности опрыскивателями.

Таким образом, среди пестицидов адаптивными свойствами обладают послевсходовые гербициды, а также инсектициды. Регламент применения данных препаратов можно корректировать в зависимости от сложившихся погодных условий, состояния посевов культур, видового состава сорняков и вредителей.

Применение фунгицидов против болезней объективно правильно носит профилактический характер.

Удобрения. Адаптивность применения удобрений напрямую связана с необходимостью оценки истинной потребности в них выращиваемых культур.

Растения в процессе вегетации используют широкую номенклатуру элементов питания, которые по величине потребления подразделяют на макро- (азот, фосфор, калий), мезо- (кальций, магний, сера) и микроэлементы (бор, марганец, железо, медь, цинк, молибден и др.). Но согласно закону минимума, продуктивность растений снижает элемент, находящийся в минимуме, независимо от того, в каком количестве он им требуется.

В то же время каждый элемент имеет свой диапазон безопасной концентрации, при котором организм растений функционирует нормально. За пределами данного диапазона происходят различные патологические нарушения в обменных процессах, приводящие в случаях недостатка к дефициту, а избытка – невозможности включения в биохимические процессы и токсичности. Всё это впоследствии негативно сказывается на экономико-экологических показателях производства продукции земледелия.

Современные уровни урожайности сельскохозяйственных культур достаточно высокие и затраты на ресурсы для дальнейшего повышения продуктивности растений будут

неуклонно расти. В адаптивном земледелии ограничить динамику роста этих затрат при одновременном повышении урожайности и качества продукции можно, если учитывать, что обеспеченность растений удобрениями зависит не только от количества вносимых питательных элементов, но и от соотношения между ними, а также складывающихся почвенно-погодных условий.

Взаимосвязь факторов функционирования удобрений в растениях и использования из них жизненно необходимых элементов сложная. Зачастую увеличение количества какого-то элемента, находящегося в дефиците, способствует потреблению растениями других элементов, в то же время избыток его препятствует поступлению других элементов. Поэтому оптимизировать питание следует в соответствии с диагностическими данными, максимально приближенными к фактической потребности растений в элементах питания во времени.

Широко распространена практика почвенной диагностики балансовым способом по макроэлементам питания (азот, фосфор, калий), которая предполагает стратегическое планирование урожайности сельскохозяйственных культур внесением основного удобрения, рассчитанного на вынос элементов с урожаем (рисунок 1).

Рисунок 1 - Схема адаптивного применения удобрений

Но оптимизировать лишь по данным почвенной диагностики процесс питания растений невозможно. Во-первых, потребность их в питании, как показано выше, не ограничивается только макроэлементами. Во-вторых, балансовый способ ориентирован на обособленный вынос планируемой урожайностью культур каждого из элементов питания без учёта взаимодействия между ними. В-третьих, усвоение подвижных форм элементов питания

зависит от ряда неучитываемых и нерегулируемых факторов, таких как содержание в растениях и почве других питательных веществ, температура внешней среды и т.д. [9].

Однако макроэлементы растения потребляют в больших количествах и в основном корневой системой. Для обеспечения достаточного промежутка времени по переходу питательных веществ в почвенно-поглощающий комплекс, макроудобрения вносят заблаговременно до посева культур. Поэтому, несмотря на обозначенное несовершенство, почвенная диагностика необходима. После того, как по её данным в почву внесены макроэлементы, последующую корректировку и оптимизацию питания растений следует производить с учётом листовой диагностики. Дефицит каких-то элементов по её результатам должен устраняться корневыми и листовыми подкормками в вегетационный период. Лишь по реакции живых растений можно оценить истинную потребность в элементах питания.

Принципиально новым и эффективным является метод функциональной листовой диагностики [10]. Он позволяет оценить не содержание элементов питания, а потребность растений в них, так как доказано, что растения обладают всеми свойствами организованного живого существа [11]. Базируется метод на фундаментальных свойствах существования жизни на Земле - взаимосвязи фотохимической активности хлоропластов живых растений с их потребностью в элементах питания (метод Плешкова А.С. и Ягодина Б.А.). Недостаток элемента устанавливают по увеличению, а избыток - по уменьшению фотохимической активности по сравнению с контролем. Степень изменения фотохимической активности от присутствия в питательной среде испытываемого элемента позволяет судить о величине его потребности или избытка.

Но методу Плешкова А.С. и Ягодина Б.А. присущи серьёзные недостатки. Диагностирование каждого из элементов питания проводят его индивидуальным испытанием, отчего невозможно оценить взаимное влияние элементов и, соответственно, оптимальное соотношение, соблюдение которого оказывает определяющее действие на продуктивность растений и качество урожая.

Важной предпосылкой повышения эффективности удобрений является учёт взаимодействия в растениях между элементами питания при диагностировании их потребности.

Рисунок 2 – Алгоритм оптимизации питания сельскохозяйственных культур

Для этого, прежде всего, формализуют модель взаимосвязанного факторного пространства по влиянию элементов питания на фотохимическую активность хлоропластов, испытывая специально подобранные питательные смеси. Наличие модели позволяет математическими методами оценить долю влияния каждого из элементов питания и отсеять второстепенные (рисунок 2) [12-14, 19].

Эффективность оптимизации питания растений применением инновационного метода оценена Центрально-Чернозёмной машиноиспытательной станцией совместно с ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии трёхлетними Государственными испытаниями в опытах на ячмене и озимой пшенице (2012-2015 гг.) [15-18].

Основным источником эффективности инновации установлена значительная экономия совокупных затрат (24-41%), полученная за счёт оптимизации использования удобрений, что попутно обеспечило и экологический эффект в виде щадящего химического воздействия на окружающую среду.

Данные экономико-экологической эффективности инновации свидетельствуют о перспективе её использования земледельческими хозяйствующими субъектами независимо от географии расположения.

Вывод. Повысить эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур можно на основе их углубленной адаптации к исходному состоянию почвы. Для этого необходимо соблюдать следующие принципы:

1. Установить обработку почвы в качестве определяющего приёма углубленной адаптации технологий к её исходному состоянию. Выбирать конкретный способ обработки почвы следует, исходя из анализа потребностей её интенсивности в текущих условиях агроландшафта. Интенсивность обработки целесооб-

разно минимизировать в допустимых пределах и тем самым предотвратить затратное технологически не обусловленное расходование ресурсов, в то же время, создавая предпосылки для снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

2. Адаптивный севооборот проектировать с учётом нейтрализации возможных противоречий между плодосменом и применяемыми гербицидами, имеющими продолжительное последствие. Руководствоваться определением севооборота, как научно обоснованного чередования сельскохозяйственных культур и пара по полям и во времени, обеспеченными химическими средствами защиты растений от сорняков.

3. При обосновании целесообразности использования химических методов по защите растений приоритет отдавать обработке почвы и другим агротехническим приёмам. Химические средства применять вследствие необходимости дополнения агротехнических приёмов. Учитывать, что среди пестицидов адаптивными свойствами обладают послевсходовые гербициды, а также инсектициды. Использование фунгицидов носит профилактический характер.

4. Диагностировать потребность растений не только в макро-, но и в микроэлементах питания, применяя метод функциональной диагностики. Это позволит в большей мере реализовать адаптивный, обусловленный биологическими особенностями потенциал живых растений для экономного расходования удобрений в переменных почвенно-погодных условиях. При выполнении диагностических действий учитывать взаимодействие между элементами питания и за счёт этого корректировкой дефицитных элементов нейтрализовать негативное влияние на растения находящихся в почвенном растворе избыточных питательных веществ.

Список использованных источников

1. Гуреев И.И. Адаптивная агротехнология как средство минимизации технических ресурсов комплексной механизации производства озимых зерновых культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - № 4. - С.13-20.
2. Методика формирования системы машин для комплексной механизации агротехнологий. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2008. – 23 с.
3. Региональный регистр комплексов машин для механизации перспективных агротехнологий / И.И. Гуреев, В.П. Дьяков, Г.К. Гребенщиков, С. Дурдыев. – Курск, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – 59 с.
4. Craheix D. Using a multicriteria assessment model to evaluate the sustainability of conservation agriculture at the cropping system level in france / D. Craheix, F. Angevin, T. Doré, S. de Tourdonnet // European Journal of Agronomy. 2016. Т. 76. С. 75-86.
5. Толковый словарь(сборник электронных словарей).URL: <http://slovo.ru/index.php?ID=57709&a=&pg=40&s=%D1> (дата обращения 25.08.2019).
6. Дудкин В.М. Интенсивные свекловичные севообороты в Центрально-Чернозёмной зоне. - М.: Агропромиздат, 1990. - 111 с.
7. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. – М.: Печатный Город, 2009. – 252 с.
8. Шуховцов О.Н. Некоторые итоги применения гербицидов группы сульфонилмочевин в Алтайском крае // Повышение устойчивости производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе использования средств защиты растений и агрохимикатов: Материалы научно-практической конференции. - Барнаул: Изд-во «ИванЪ», 2003. - С.55-59.
9. Хорошкин А.Б. Способы повышения эффективности минерального питания сельскохозяйственных культур. - Ростов-на-Дону, 2011. - 67 с.
10. А.с. 952168 СССР, М. Кл.³ A01G 31/02. Способ обеспечения растений минеральными элементами / А.С. Плешков, Б.А. Ягодин (СССР). № 2970658/30-15; заявл. 31.07.80; опубл. 23.08.82, Бюл. № 31.
11. Растительная революция: как работает сознание растений / URL: <https://news.mail.ru/society/31812308/?frommail=10> (дата обращения 28.08.2019).
12. Пат. 2417576 Российской Федерации, МПК A01G 7/00. Способ диагностики потребности растений в минеральных элементах питания / Гуреев И.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии». № 2009134741/21; заявл. 16.09.2009; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 13.
13. Пат. 2541310 Российской Федерации, МПК A01G 7/00. Способ диагностики потребности растений в минеральных элементах питания / Гуреев И.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии». № 2013118542/13; заявл. 22.04.2013; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4.
14. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум): Учеб.пособие / В.П. Бородюк, А.П. Вошинин, А.З. Иванов и др. - М.: Высшая школа, 1983. – 216 с.
15. Гуреев И.И., Жердев М.Н., Брежнев А.Л. Совершенствование агротехнологии выращивания озимой пшеницы с использованием удобрений, содержащих микроэлементы // Земледелие. - 2016. - №8. - С. 25-28.
16. Функциональная диагностика потребности растений в питательных веществах / И.И. Гуреев, М.Н. Жердев, А.Л. Брежнев и др. // Земледелие. - 2015. - №4. - С.26-29.
17. Гуреев И.И., Жердев М.Н., Брежнев А.Л. Технологии выращивания ячменя с использованием микроэлементных удобрений и регуляторов роста // Земледелие. - 2015. - №3. - С.34-36.
18. Инновационное направление использования земельных ресурсов: монография / А.И. Алтухов, В.И. Векленко, В.А. Семькин и др. - Курск: Изд-во Курская гос. с.-х. ак., 2019. - 171 с.
19. Черкасов Г.Н., Акименко А.С. Использование базы данных и программы ЭВМ для автоматизированного проектирования системы севооборотов в хозяйствах различной специализации Центрального Черноземья // Региональный вестник. – 2015. - № 1. – С. 31-32.

List of sources used

1. Gureev I.I. Adaptive agricultural technology as a means of minimizing the technical resources of the integrated mechanization of winter grain production / Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2019. - No. 4. - S.13-20.
2. The technique of forming a system of machines for the complex mechanization of agricultural technologies. - Kursk: GNU VNIIZiZPE RAAS, 2008. - 23 p.
3. Gureev I.I. Regional Register of Machine Complexes for the Mechanization of Advanced Agrotechnologies / I.I. Gureev, V.P. Dyakov, G.K. Grebenshchikov, S. Durdyev. - Kursk, FGBNU VNIIZiZPE, 2015. - 59 p.
4. Craheix D. Using a multicriteria assessment model to evaluate the sustainability of conservation agriculture at the cropping system level in france / D. Craheix, F. Angevin, T. Doré, S. de Tourdonnet // European Journal of Agronomy. 2016.V. 76.P. 75-86.
5. Explanatory dictionary (collection of electronic dictionaries). URL: <http://slovo.ru/index.php?ID=57709&a=&pg=40&s=%D1> (accessed 08.25.2019).
6. Dudkin, V.M. Intensive beet crop rotation in the Central Black Earth zone / V.M. Dudkin. - M.: Agropromizdat, 1990. - 111 p.
7. Spiridonov, Yu.Ya. Guidelines for the study of herbicides used in crop production / Yu.Ya. Spiridonov, G.E. Larina, V.G. Shestakov. - M.: Printing City, 2009. - 252 p.
8. Shukhovtsov, O.N. Some results of the use of sulfonylurea group herbicides in the Altai Territory / O.N. Shukhovtsov // Improving the sustainability of the production of high-quality agricultural products based on the use of plant protection products and agrochemicals: Materials of a scientific and practical conference. - Barnaul: Publishing house "Ivan", 2003. - P.55-59.
9. Khoroshkin, A.B. Ways to increase the efficiency of mineral nutrition of crops / A.B. Khoroshkin. - Rostov-on-Don, 2011. - 67 p.
10. A.S. 952168 USSR, M. Cl. 3 A01G 31/02. A method of providing plants with mineral elements / A.S. Pleshkov, B.A. Yagodin (USSR). No. 2970658 / 30-15; declared 07/31/80; publ. 08/23/82, Bull. Number 31.
11. Plant revolution: how plant consciousness works / URL: <https://news.mail.ru/society/31812308/?frommail=10> (accessed 08/28/2019).
12. Pat. 2417576 of the Russian Federation, IPC A01G 7/00. A method for diagnosing the needs of plants in mineral nutrients / I. Gureev; Applicant and patent holder Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion". No. 2009134741/21; declared 09/16/2009; publ. 05/10/2011, Bull. Number 13.
13. Pat. 2541310 of the Russian Federation, IPC A01G 7/00. A method for diagnosing the needs of plants in mineral nutrients / I. Gureev; Applicant and patent holder Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion". No. 2013118542/13; declared 04/22/2013; publ. 02/10/2015, Bull. Number 4.
14. Statistical methods in engineering research (laboratory workshop): Textbook. allowance / V.P. Borodyuk, A.P. Voshchinin, A.Z. Ivanov et al. M.: Higher School, 1983. 216 p.
15. Gureev I.I. Improving the agricultural technology of growing winter wheat using fertilizers containing trace elements / I.I. Gureev, M.N. Zherdev, A.L. Brezhnev // Agriculture. - 2016. - No. 8. - S.25-28.
16. Gureev I.I. Functional diagnostics of plant needs for nutrients / I.I. Gureev, M.N. Zherdev, A.L. Brezhnev, V.G. Chernonogov, V.N. Solonichkin // Agriculture. - 2015. - No. 4. - S.26-29.
17. Gureev I.I. Technologies for growing barley using micronutrient fertilizers and growth regulators / I.I. Gureev, M.N. Zherdev, A.L. Brezhnev // Agriculture. - 2015. - No. 3. - S. 34-36.
18. The innovative direction of land use: monograph / A.I. Altukhov, V.I. Veklenko, V.A. Semykin et al. - Kursk: Publishing house of the Kursk State Agricultural Academy. professors I.I. Ivanova, 2019. - 171 p.
19. Cherkasov G.N., Akimenko A.S. Using a database and a computer program for computer-aided design of a crop rotation system in farms of various specialization in the Central Chernozem region // Regional Bulletin. - 2015. - No. 1. - S. 31-32.