

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 631.5

**ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ
ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СТЕПНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

Грошева О.А.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение ОФИЦ УрО РАН, Оренбург, e-mail: Groshev06@yandex.ru

В статье на основе анализа истории формирования и развития почвозащитных и ресурсосберегающих технологий на протяжении XIX-XXI веков, а также формирования современных зарубежных и отечественных научных центров апробации ресурсосберегающих технологий и систем земледелия выделены положительные и отрицательные стороны применения Mini-till и No-till в степном земледелии. Первые работы по разработке ресурсосберегающих агроприемов и технологий связаны с именами Стебута, Советова, Костычева, Тулайкова, Овсинского, Фолкнера. В дальнейшем мировой опыт обработки почвы обогатился созданием почвозащитной системы земледелия Мальцева и Бараева и No-till (Аллен). No-till, помимо США и Канады, получил широкое распространение в Аргентине, Бразилии, Парагвае, Чили, Австралии и Новой Зеландии, а признанными авторитетами применения No-till являются: Кроветто (Чили), Бартц, Перейра, Дайкстр, Каллегари (Бразилия), Мойер, Андерсон, Бибер (США). Представлены результаты исследований по влиянию минимальных обработок, прямого посева, No-till на накопление и сохранение влаги в почвах, сохранение водопрочной структуры черноземов, увеличение содержания органического вещества на опытных полях Донского ГАУ, Самарского НИИ сельского хозяйства, Уфимского научного центра, Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Курского ФАНЦ и других исследователей. Среди положительных эффектов прямого посева и No-till можно выделить: влагобережение, защита от водной и ветровой эрозии, формирование водопрочных почвенных агрегатов, увеличение содержания гумуса, повышение биологической активности почв, экономия энергетических, трудовых и финансовых ресурсов, уменьшение эмиссии парниковых газов. Отрицательные стороны связаны с повышением фитотоксичности, увеличением плотности верхнего слоя почвы, дифференциацией пахотного слоя по плодородию, повышенной засоренностью посевов, поражаемостью растений болезнями и вредителями.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, степное земледелие, минимальная обработка почвы, прямой посев, No-till, мировой опыт

**POSITIVE AND NEGATIVE ASPECTS OF THE USE
OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES
IN STEPPE AGRICULTURE**

Grosheva O.A.

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences OFRC UB RAS, Orenburg, e-mail: Groshev06@yandex.ru

Based on the analysis of the history of the formation and development of soil-protective and resource-saving technologies during the 19th-21st centuries, as well as the formation of modern foreign and domestic scientific centers for approbation of resource-saving technologies and farming systems, the article highlights the positive and negative aspects of the use of Mini-till and No-till in the steppe agriculture. The first works on the development of resource-saving agricultural practices and technologies are associated with the names of Stebut, Sovetov, Kostychev, Tulaikov, Ovsinsky, Faulkner. In the future, the world experience in soil cultivation was enriched by the creation of a soil-protective system of agriculture by Maltsev and Baraev and No-till (Allen). No-till, in addition to the USA and Canada, has become widespread in Argentina, Brazil, Paraguay, Chile, Australia and New Zealand, and the recognized authorities for the use of No-till are: Crovetto (Chile), Bartz, Pereira, Dijkstr, Callegari (Brazil), Moyer, Anderson, Bieber (USA). The results of studies on the effect of minimal tillage, direct sowing, no-till on the accumulation and preservation of moisture in soils, the preservation of the water-resistant structure of chernozems, the increase in the content of organic matter in the experimental fields of the Don State Agrarian University, the Samara Research Institute of Agriculture, the Ufa Scientific Center, the North Caucasian Federal scientific agrarian center, Kursk FANTS and other researchers. Among the positive effects of direct sowing and no-till, one can distinguish: moisture saving, protection from water and wind erosion, formation of water-resistant soil aggregates, increase in humus content, increase in biological activity of soils, saving energy, labor and financial resources, reduction of greenhouse gas emissions. The negative aspects are associated with an increase in phytotoxicity, an increase in the density of the topsoil, differentiation of the arable layer in terms of fertility, increased infestation of crops, plant susceptibility to diseases and pests.

Keywords: resource-saving technologies, steppe farming, minimum tillage, direct sowing, no-till, world experience

Применение почвозащитных ресурсосберегающих технологий тесно связано с задачами по обеспечению продовольственной безопасности, реализация которых возможна при получении высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур,

с одной стороны, и уменьшении воздействия на компоненты природной среды – с другой. В практике мирового земледелия уже более 100 лет разрабатываются и применяются различные почвозащитные ресурсосберегающие приемы, технологии и системы возделывания культур, среди которых в последнее время особое внимание отечественными и зарубежными исследователями уделяется минимальной (Mini-till) и нулевой (No-till) технологиям обработки почвы с формированием мульчирующего слоя и посева в необработанную почву. В основе Mini-till технологии лежат осенние одно- или двухкратные мелкие обработки почвы плоскорезными и (или) дисковыми орудиями. No-till технология основана на прямом посеве в необработанную почву, при этом полностью исключается основная обработка в севообороте, что отличает ее от нулевой обработки, подразумевающей только эпизодический отказ от основной обработки почвы. Такие подходы, направленные на снижение антропогенного воздействия на экосистемы, позволяют получать высокие урожаи и способствуют увеличению утраченного плодородия почв, восстановлению биологического разнообразия, при обеспечении биосферных функций агроландшафтов.

Целью исследования является анализ положительных и отрицательных сторон применения технологий Mini-till и No-till на основе изучения истории развития почвосберегающих технологий и систем земледелия, а также деятельности современных научных центров, занимающихся вопросами совершенствования систем земледелия и оптимизации степного земледелия.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили опубликованные научные рабо-

ты отечественных и зарубежных ученых и аграриев-практиков XIX-XXI вв., посвященные развитию приёмов и методов ресурсосберегающего почвозащитного земледелия. Анализ развития теоретических идей и практических приёмов почвозащитного земледелия, результатов стационарных опытов в различных степных регионах мирового земледелия проведён на основе сравнительно-исторического метода.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время в мире беспашотное почвозащитное земледелие применяется на площади около 400 млн га, при этом под No-till задействовано 125 млн га (около 9% от всех пахотных угодий) [1]. Среди лидеров использования одной из самых эффективных ресурсосберегающих технологий – No-till – такие страны, как США, Бразилия, Аргентина, Канада, Австралия, Парагвай (табл. 1). На долю России приходится 5 млн га (3%) [1].

Первые опыты по внедрению почвозащитных ресурсосберегающих технологий в России и массовое внедрение нового способа хозяйствования в 90-е годы XX века разделяет почти столетний период с несколькими мировыми экологическими кризисами.

Российские ученые уже в конце XIX – начале XX в. вели работы по адаптации ресурсосберегающих технологий в практику ведения сельскохозяйственного производства. Так, И.А. Стебут, А.А. Измаильский, П.А. Костычев рекомендовали для степных засушливых районов дифференцированную основную обработку почвы, а И.Е. Овсинский, Л.Х. Эван, В.Г. Ротмистров, Н.М. Тулайков – мелкую безотвальную обработку [2].

Таблица 1

Страны – лидеры по площади земель, обрабатываемых по технологии No-till, тыс. га

Государство	Площадь обрабатываемых земель	Площадь земель, обрабатываемых по No-till	% от общей площади
США	113700	23700	20,8
Аргентина	28000	23000	82,1
Бразилия	38400	21863	56,9
Канада	29542	16662	56,4
Австралия	72000	9000	12,5
Парагвай	2200	1500	68,2

Первым, кто выступил против традиционного способа – отвальной вспашки, был наш соотечественник – основоположник почвозащитной системы Иван Евгеньевич Овсинский. Он предложил проводить обработку почвы в сухих степях изобретенным им культиватором «Урожай» на глубину до 7 см, без оборота пласта, с последующим полосно-рядовым (ленточным) посевом повышенной нормой семян, боронованием всходов без прикатывания после посева. Выполнение комплекса мероприятий позволяло накапливать в поверхностном слое органические остатки, сохранять почвенную влагу, усиливать процессы нитрификации и гумификации, получая при этом в условиях засухи высокие урожаи зерновых культур. Обладая, наряду с новаторскими качествами, ещё и талантом пропагандиста, И.Е. Овсинский пишет книгу «Новая система земледелия» [3], которая к 1910 году переиздавалась трижды.

Позднее ряд успешных экспериментов по мелкой и безотвальной обработке почвы был проведен во Франции, Германии, Англии, США, СССР, что в совокупности с экологическими кризисами землепользования на Великих равнинах США 30-40 гг. XX века, распашкой целинных земель в Северном Казахстане, Южном Урале, Поволжье, Сибири конца 50 – начала 60-х годов XX века, спровоцировавших серии жесточайших засух и катастрофических пыльных бурь, а также пыльные бури в «Армавирском коридоре» (Ставропольский и Краснодарский края), в Ростовской, Астраханской и Волгоградской областях, послужило поворотом к ресурсосберегающим технологиям.

Отдельно необходимо отметить разработку и апробацию безотвальной обработки почвы на опытных полях Всесоюзного НИИ зернового хозяйства (Шортанды, Казахстан) с последующим внедрением минимальной обработки (организованным Ф.Т. Моргуном, А.Г. Тарарико, Н.К. Шиколой) в Полтавской области Украины. Разработчиками почвозащитной системы земледелия были Терентий Семенович Мальцев [4] и Александр Иванович Бараев [5].

Основными принципами почвозащитной системы Мальцева – Бараева являются:

1) разноглубинная безотвальная обработка с сохранением на поверхности почвы стерневых остатков (для улучшения теплового и водного режима) с периодическим (1 раз в 4-5 лет) глубоким рыхлением на глубину 35-40 см для разрушения «плужной подошвы»;

2) обязательность паров в зерновых севооборотах (в умеренно засушливой степи 15%, в сухой степи – до 33% от площади пашни);

3) внедрение 3-5-летних зернопаровых севооборотов короткой ротации;

4) безотвальная обработка чистых паров, с посевом кулисных растений, и обязательное проведение снегозадержания для максимального накопления осенне-зимне-весенних осадков;

5) оптимально поздние сроки посева зерновых культур, позволяющие уничтожить сорняки предпосевными обработками в зерно-паровых севооборотах;

6) полосное размещение сельскохозяйственных культур;

7) обработка полей широкозахватными почвозащитными машинами и орудиями: плоскорезами-глубокорыхлителями (КПГ, ГУН, позднее СибИМЭ), противоэрозионными культиваторами (КПЭ), стерневыми сеялками (СЗС), игольчатыми боровами (БИГ, БДГ), снегопахами и др.

В 50-60-е годы XX века фермеры США и Канады сначала по одиночке (фермер из Огайо Э. Фолкнер) [6], а потом и массово стали применять в качестве основной обработки рыхление почвы с оставлением на поверхности стерни соломенной мульчи и внесением при этом в корнеобитаемый слой минеральных удобрений. Внедрение Mini-till и No-till сопровождалось активной государственной поддержкой правительства США, уже в 1980-е годы в Соединенных Штатах площади под минимальную систему обработки почвы возросли с 21 до 33 млн га, а No-till – до 3,0 млн га [7]. Зародившаяся в США и Канаде, No-till, на фоне энергетического кризиса 90-х годов XX столетия, получила широкое распространение в странах Латинской Америки (Аргентине, Бразилии, Парагвае, Чили), Австралии и Новой Зеландии [8]. Причина активного внедрения беспашотных технологий заключается в значительном снижении энергетических и трудовых затрат за счет сокращения некоторых агроприемов (вспашка, боронование, культивация) и совмещения нескольких технологических операций (подготовка посевного ложа, посев, прикатывание, выравнивание поверхности поля, внесения минеральных удобрений).

В настоящее время признанными авторитетами применения No-till являются: Карлос Кроветто (Чили), Герберт Бартиц, Ноно Перейра, Франк Дайкстр, Адемир Каллегари (Бразилия), Джефф Мойер, Рэнди Андерсон, Рик Бибер (США).

В России за четверть века сформировалось несколько научных центров по изучению эффективности применения минимальных и нулевых технологий обработок черноземных почв. Среди них: Почвенный институт им. В.В. Докучаева; Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр; Курский федеральный аграрный научный центр – ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии; Белгородский федеральный аграрный научный центр; Донской государственный аграрный университет ГАУ; Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева; НИИ сельского хозяйства Крыма; Уфимский научный центр РАН и Башкирский государственный аграрный университет; Самарский НИИ сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова; Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока в Саратове; Волгоградский ГАУ и Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН; Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН и Оренбургский государственный аграрный университет; Челябинский НИИ сельского хозяйства; Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН.

Перспективы No-till, по мнению ряда исследователей [9-11], связаны в первую очередь с созданием и сохранением достаточно «мощного» мульчирующего слоя (не менее 3-5 см) из растительных остатков предшествующих культур, что способствует:

- снижению испарения влаги путем снижения температуры поверхностного слоя почвы, уменьшению диффузии водяного пара, что, в свою очередь, способствует накоплению большего количества влаги в корнеобитаемом слое почвы, предоставляя возможность возделывания влаголюбивых сельскохозяйственных культур в засушливых условиях степей [12-14];

- увеличению скорости инфильтрации влаги и значительному снижению скорости поверхностного стока, особенно в засушливых климатических условиях [14; 15];

- снижению интенсивности минерализации гумуса и накоплению в поверхностном слое почвы доступных растению элементов питания (N, P, K) [16; 17], что позволяет сократить внесение минеральных удобрений [18];

- повышению биологической активности почв и темпов прироста органического вещества [12], способствуя увеличению за-

пасов влаги, росту азотации и синхронизации роста растений – микробиологической активности и поглощения питательных веществ [17; 19];

- защите от проявлений водной и ветровой эрозии на 50-90% (растительные остатки защищают почву от воздействия дождевых капель и распыления и способствуют снижению скорости ветра в надпочвенной зоне) [20; 21];

- формированию водопрочных почвенных агрегатов [22] и снижению их разрушения, а также снижению объемной плотности и увеличению общей пористости почвы [23; 24];

- обеспечению высокой оперативности проведения полевых работ в условиях максимально сжатых сроков, обусловленных климатическими и технологическими факторами [25];

- уменьшению эмиссии парниковых газов (особенно CO₂) [26];

- сокращению текущих и инвестиционных расходов (экономия энергетических (до 50%), трудовых и финансовых ресурсов) при существенном повышении рентабельности и производительности труда [9; 25; 27].

Одним из самых важных показателей получения высокого урожая сельскохозяйственных культур в засушливых условиях степной зоны является накопление и сохранение влаги в корнеобитаемом слое почвы. Показательными по уменьшению испарения и рациональному использованию влаги при применении минимальных обработок и прямого посева являются опыты, проведенные в Ростовской области на черноземе обыкновенном (табл. 2) [14].

Учитывая быструю потерю влаги в посевном слое почвы в варианте с зяблевой отвальной вспашкой, посев был проведен в более ранние сроки в холодную и переувлажненную почву, что привело к уплотнению слоя распространения корней растений, прямой посев же проведен в оптимальные сроки физической спелости почвы [14]. Данное обстоятельство, а также потери влаги при проведении 6-7 технологических операций при традиционной технологии, позволили на варианте прямого посева лучше сохранять влагу и в конечном итоге получить урожай выше, чем при варианте с отвальной вспашкой. Минимальные затраты влаги при прямом посеве подтверждаются показателем расхода влаги на образование 1 т семян (150,4 мм).

Таблица 2

Водопотребление при возделывании подсолнечника в зависимости от технологии обработки почвы (слой 0-150 см) (среднее за 7 лет) [14]

Варианты	Весенние запасы влаги в почве, мм	Запасы влаги в почве перед уборкой, мм	Урожайность, ц/га	Расход влаги (мм) на образование 1 т семян
Зяблевая вспашка на глубину 25-27 см + полный комплекс агроприемов (контроль)	242,8	99,3	16,6	222,9
Минимальная обработка (осеннее дискование + полный комплекс агроприемов)	240,5	105,9	17,5	197,9
Прямой посев	276,0	144,6	22,9	150,4

Таблица 3

Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) весной на паровом поле, % [23]

Технологические комплексы	Количество осадков за сентябрь – апрель < 260 мм (за 7 лет)	Количество осадков за сентябрь – апрель > 295 мм (за 4 года)
Ежегодная вспашка под все культуры севооборота (контроль)	61,4	69,2
Дифференцированная 1 (под пары – глубокое рыхление, под зерновые – минимальная обработка)	61,7	69,2
Минимальная обработка под все культуры севооборота	64,5	69,5
Дифференцированная 2 (под сидеральный пар – глубокое рыхление, под зерновые – прямой посев)	65,8	70,2

Количество растительных остатков, безусловно, зависит от сельскохозяйственной культуры и накопленной почвой надземной и подземной биомассы. В Западной Сибири нулевая обработка обеспечивает поступление в среднем за год на поверхность почвы 1,8-2,1 т/га [28], а на Северном Кавказе – 5,6-6,3 т/га растительных остатков [17]. Ежегодное поступление такого количества пожнивных остатков улучшает структуру почвы [29], защищая от проявлений дефляции и водной эрозии [17].

Результаты опытов по влиянию минимизации обработок на сохранение водопроходной структуры черноземов, проведенных на стационаре отдела земледелия и новых технологий Самарского НИИСХ, показывают, что при поверхностном внесении соломы и обработке почвы с применением прямого посева зафиксировано наибольшее значение агрономически ценных агрегатов (65,8 и 67,4%), что на 4,4 и 1 мм выше контроля [23]. Лучший результат по применению прямого посева был получен в засушливые годы (табл. 3).

В опытах Курского ФАНЦ и ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева» с высокой степенью достоверности установлено, что использование прямого посева максимально способствует увеличению содержания органического вещества по сравнению с отвальной, комбинированной и минимальной обработками. При этом через 4 года содержание гумуса в черноземе типичном в слое 0-10 см увеличилось на 0,65% и в слое 10-20 см – на 0,86%, а запас гумуса в слое 0-30 см увеличился на 59,9 т/га [16].

При всех преимуществах No-till эффективность её применения, т.е. увеличение урожайности с.-х. культур, появляется только через 5-7 лет [30], а биоценоз почвы восстанавливается через 10 лет, начиная активно работать на воспроизводство плодородия почвы. Эта закономерность в целом подтверждается мировым опытом ведения земледелия по No-till [31].

Важными условиями реализации Mini-till и No-till являются существенное расширение перечня возделываемых культур (диверсификация культур) [32] и формирование

севооборотов с ежегодным чередованием злаковых и широколиственных культур, отказ от парового поля в пользу сидерального.

Среди недостатков прямого посева и No-till, особенно при наличии большого количества и неравномерного распределения по полю послеуборочных остатков, зарубежные и российские ученые отмечают: увеличение засорённости посевов [32; 33], изменение видового состава сорняков с увеличением однодольных [30]; повышенное поражение растений болезнями (особенно корневыми гнилями, мучнистой росой и бурой листовой ржавчиной) и вредителями (хлебной жужелицей, проволочниками, трипсами, мышевидными грызунами и др.) [34]; уплотнение корнеобитаемого слоя в первые 4 года применения прямого посева [10; 30; 35]; дифференциация пахотного слоя по уровню плодородия [36], снижение интенсивности минерализации азота в первых двух ротациях севооборотов [12; 22]; увеличение опасности содержания остаточного количества химических веществ и пестицидов выше необходимого уровня [10; 37].

Негативное влияние этих факторов можно существенно ослабить или устранить правильным подбором и чередованием сельскохозяйственных культур в структуре севооборотов, регулированием сроков сева и норм высева семян, внесением достаточных доз элементов питания растений (NPK и микроудобрений) и химических средств защиты растений (в т.ч. биологических гербицидов), посевом промежуточных почвопокровных культур после уборки и до посева следующей культуры севооборота [14; 15; 30].

Необходимо отметить, что прямой посев и No-till высокотехнологичны и требуют специальных широкозахватных, комбинированных агрегатов (в основном посевных комплексов с культиваторными, дисковыми и анкерными рабочими органами), с одновременным внесением минеральных удобрений, которые позволяют совмещать несколько операций в одном проходе техники (одновременное безотвальное рыхление, прикатывание, выравнивание поверхности почвы) и осуществлять тщательную подготовку посевного ложа.

Заключение

Анализ истории развития почвосберегающих технологий и систем земледелия, деятельности современных научных центров, занимающихся вопросами совершенствования систем земледелия и оптимизации степного землепользования, позволяет вы-

делить ряд эволюционных особенностей, а также положительные и отрицательные аспекты применения ресурсосберегающих технологий в степном земледелии.

Сравнительный анализ развития научных исследований по разработке, апробации и внедрению в практику сельскохозяйственного производства ресурсосберегающих технологий показал, что качественные «скачки» в развитии почвозащитного земледелия отмечались после масштабных социально-экономических и экологических кризисов природопользования в степях и прериях земледельческих регионов (кризис степного землепользования в России 1891-1893 гг., Великих равнин США 30-40-х гг. XX века, освоение целинных и залежных земель в Казахстане, Южном Урале, Поволжье и Сибири 50-60-х гг. XX века). В России идея минимальной обработки почвы появилась раньше, а в США технологии Mini-till и No-till были более всесторонне апробированы и, при государственной поддержке, внедрены в практику работы фермерских хозяйств североамериканского континента.

Среди положительных сторон применения прямого посева и No-till необходимо выделить, прежде всего, влагосбережение, снижение темпов минерализации гумуса, повышение биологической активности почвенной мезофауны, защиту от водной эрозии и дефляции, сокращение затрат на производство продукции, уменьшение эмиссии парниковых газов (особенно CO₂). Отрицательные стороны применения прямого посева и No-till, по мнению большинства исследователей, работающих над данной проблематикой, связаны с повышением фитотоксичности, увеличением плотности корнеобитаемого слоя почвы, дифференциацией пахотного слоя по плодородию, повышенной засорённостью посевов, поразимостью растений болезнями и вредителями, а также потенциальным загрязнением верхнего слоя почвы.

В целом минимизация обработки почвы и No-till, направленные на оптимизацию степного землепользования, требуют серьёзной апробации влияния их на почвенное плодородие, агрофизические и химические свойства почвы, начиная от плотности и структурного состояния, повышения содержания органического вещества до определения уровня пестицидной нагрузки на почвенный и растительный покров.

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН № АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164-200.
2. Шептухов В.Н. Минимизация обработки и прямой посев в технологиях возделывания культур. М.: ГУЗ, 2005. 197 с.
3. Овсинский И.Е. Новая система земледелия. Киев-Харьков, 1899. 138 с.
4. Мальцев Т.С. Новая система обработки почвы и посева. Курган: Красный Курган, 1954. 60 с.
5. Почвозащитное земледелие / Под общ. ред. акад. А.И. Бараева. М.: Колос, 1975. 304 с.
6. Фолкнер Э.Х. Безумие пахаря. М.: Госиздат с.-х. литературы, 1959. 276 с.
7. Грошева О.А. Развитие теоретических идей и практических приемов почвозащитного земледелия: отечественный и зарубежный опыт // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 13-18.
8. Friedrich T., Kassam A., Derpsch R. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture. Field actions science reports. 2012. Special Iss. 6. P. 1-7.
9. Аллен Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы / Пер. с англ. М.Ф. Пушкарева. М.: Агропромиздат, 1985. 208 с.
10. Кроветто К.К. No-till. Взаимосвязь между No-till, растительными остатками, питанием растений и почвы. Днепропетровск: Агросоюз, 2007. 235 с.
11. Mulumba L. N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 2008. Vol. 98. No. 1. P. 106-111.
12. Сулейменов М.К. Сберегающее плодосменное земледелие Северного Казахстана // Новости науки Казахстана. 2013. Вып. 4 (118). С. 9-27.
13. Женченко К.Г., Турин Е.Н., Гонгало А.А. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (no-till) при выращивании озимой пшеницы в Центральной степи Крыма // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71) С. 45-52.
14. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Шуркин А.Ю. Влияние различных технологий возделывания подсолнечника на водный режим почвы и его продуктивность // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 4-1(38). С. 101-111.
15. Гулянов Ю.А. Стратегии новационного землепользования и роль природоподобных агротехнологий в экологической оптимизации степных ландшафтов // Сборник научных трудов ГНБС. 2019. Т. 148. С. 50-59.
16. Гребенников А.М., Исаев В.А., Юдин С.А., Чевердин Ю.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А., Корнилов И.М. Влияние способов обработки миграционно-мицелярных черноземов на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 2. С. 38-41.
17. Дридригер В.К., Иванов А.Л., Белобров В.П., Кутюва О.В. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1111-1120.
18. Brouder S.M., Macpherson H.G. The impact of conservation agriculture on smallholder agricultural yields: A scoping review of the evidence. *Agriculture, ecosystems and environment*. 2014. Vol. 187. P. 11-32.
19. Briones M.J.I., Schmidt O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global change biology*. 2017. Vol. 23. Iss. 10. P. 4396-4419.
20. Дридригер В.К., Белобров В.П., Антонов С.А., Юдин С.А., Гаджимаров Р.Г., Лиходиевская С.А., Ермолаев Н.Р. Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-till // Земледелие. 2020. № 6. С. 11-17.
21. Vach M., Hlisnikovsky L., Javurek M. The Effect of Different Tillage Methods on Erosion. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*. 2018. Vol. 64. No. 1. P. 28-34.
22. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И. Эффективность No-till технологии на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (14). С. 6-13.
23. Горянин О.И. Влияние современных технологий возделывания на агрофизические свойства чернозема обыкновенного в Среднем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3(35). С. 23-26.
24. Акшалов К.А., Кужинов М.Б. Влияние системы No-till на водно-физические свойства почвы // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2017. № 2 (43). С. 34-40.
25. Небавский В.А. Опыт внедрения технологии нулевой обработки почвы. Краснодар, 2003. 134 с.
26. Верхулист Н., Франсуа И., Говаэртс Б. Сохранение почвенного углерода: миф и реальность // Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие: теория и методика исследований / Под ред. Х. Муминджанова. Анкара, 2015. С. 35-53.
27. Горянин О.И., Шевченко С.Н. Эффективность технологий прямого посева зерновых культур в Среднем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 36-39.
28. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-till / Под ред. Н.Г. Власенко, Н.А. Власенко, И.Г. Бокина. Новосибирск: Сиб. НИИ земледелия и химизации, 2013. 124 с.
29. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Хабилов И.К., Комиссаров М.А., Гарипов Т.Т., Сидорова Л.В., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.В., Яубасаров Р.Б. Оценка агрочерноземов Зауральской степи в условиях использования системы обработки почвы No-till // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 6. С. 32-36.
30. Бакиров Ф.Г., Поляков Д.Г., Халин А.В., Баландина А.А. Прямой посев и No-till в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 50-54.
31. Lampurlanes J., Plaza-Bonilla D., Alvaro-Fuentes J., Cantero-Martinez C. Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*. 2016. Vol. 189. P. 59-67.
32. Дридригер В.К., Невечера А.Ф., Токарев И.Д., Вайцевская С.С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 3. С. 16-19.
33. Пыхтин И.Г. Обработка почвы: действительность и мифы // Земледелие. 2017. № 3. С. 33-36.
34. Кирюшин В.И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3-12.
35. Ogle S.M., Swan A., Paustian K. No-till management impacts on crop productivity, Carbon input and soil carbon sequestration. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2012. Vol. 149. P. 37-49.
36. Du Z., Zhang Q., Li G., Angers D.A., Ren T. The effect of no-till on organic C storage in Chinese soils should not be overemphasized: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2017. No. 236. P. 1-11.
37. Mumme M., Ammon F. Does the direct seeding have no future? *New agriculture*. 2020. No. 2. P. 34-38.