

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 172-185.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 2. P. 172-185.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья
УДК 631.427(470.56)
doi:10.33284/2658-3135-108-2-172

**Минимизация обработки почвы как важный элемент биологизации земледелия
в Оренбуржье**

**Фарит Галиуллович Бакиров¹, Игорь Владимирович Васильев², Ася Вячеславовна Филиппова³,
Виктория Владимировна Диденко⁴, Алексей Петрович Долматов⁵**

^{1,2,3,4,5}Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

¹f.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1731-7875>

²igor-vas2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8564-1995>

³kassio-67@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2665-5673>

⁴tori-5557@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8665-7605>

⁵alex.ustas.dol@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2764-7250>

Аннотация. Исследования проведены с целью обоснования концепции, что минимизация обработки почвы является важным элементом биологизации земледелия, определяющим эффективность других мероприятий в засушливой степи Оренбуржья. Для написания статьи использованы материалы из двух стационарных опытов, проведенных в учебно-опытном поле Оренбургского государственного аграрного университета (ОГАУ). Первый эксперимент проводится с 1988 года, где изучается 16 различных систем основной обработки с постепенным снижением интенсивности воздействия на почву в каждом последующем варианте. Для анализа из первого стационара выбраны ежегодная вспашка (интенсивная), нулевая с чередованием мелких и глубоких рыхлений (почвовосберегающая), со второго опыта, проводимого с 2011 г. – прямой посев (No-Till). Почва опытного поля представлена черноземом южным карбонатным малогумусным тяжелосуглинистым на красно-бурых карбонатных суглинках. Почвосберегающая система заметно сдерживает снижение содержания гумуса, а при внесении навоза обеспечивает его накопление по сравнению с ежегодной вспашкой, где оно за 34 года снизилось с 4,4 до 3,8 %. При минимизации обработки увеличивается доля структурных отдельностей почвы размером 5-3 мм и 3-1 мм и уменьшается более 10 мм. Микробиологическая активность в слоях пахотного горизонта находится в прямой зависимости от места размещения органических остатков: на вспашке она наиболее высокая в слое 10-20 см, а на варианте с минимизацией обработки в 0-10 см – с постепенным затуханием на 25 и 59 % в последующих слоях. На No-Till архитектура корневой системы яровой пшеницы представляет собой перевернутый колокол и максимально приближена к конфигурации корней в почвенной толще целины. Минимизация обработки почвы позволяет достигать основных целевых установок биологизации земледелия – воспроизводства плодородия почвы и повышения эффективности использования ресурсов влаги в засушливой степи. Это является основанием считать, что минимизация обработки почвы – важный элемент биологизации земледелия.

Ключевые слова: биологизация земледелия, минимизация обработки, структура почвы, гумус, плотность почвы, архитектура корня

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2020-2025 гг. ФГБОУ Оренбургский государственный аграрный университет (№ АААА-А17-117112340090).

Для цитирования: Минимизация обработки почвы как важный элемент биологизации земледелия в Оренбуржье / Ф.Г. Бакиров, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.В. Диденко, А.П. Долматов // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 172-185. [Bakirov FG, Vasiliev IV, Filippova AV, Didenko VV, Dolmatov AP. Minimization of soil cultivation as an important element of biologization of agriculture in Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):172-185. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-172>

GEOPONICS AND CROP PRODUCTION

Original article

Minimization of soil cultivation as an important element of biologization of agriculture in Orenburg region

Farit G Bakirov¹, Igor V Vasiliev², Asya V Filippova³, Victoria V Didenko⁴, Alexey P Dolmatov⁵

^{1,2,3,4,5}Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

¹f.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1731-7875>

²igor-vas2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8564-1995>

³kassio-67@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2665-5673>

⁴tori-5557@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8665-7605>

⁵alex.ustas.dol@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2764-7250>

Abstract. The research was conducted to substantiate the concept that minimizing tillage is an important element of the biologization of agriculture, which determines the effectiveness of other measures in the arid steppe of Orenburg region. To write the article, we used materials from two stationary experiments conducted in the educational establishment of the Orenburg State Agrarian University. The first experiment has been conducted since 1988, where 16 different basic treatment systems are being studied with a gradual decrease in the intensity of the impact on the soil in each subsequent variant. For the analysis, annual plowing (intensive), zero with alternating shallow and deep loosening (soil-saving), and direct sowing (No-Till) were selected from the first hospital, and from the second experiment conducted since 2011. The soil of the experimental field is represented by southern carbonate low-humus heavy loam chernozem on red-brown carbonate loams. The soil-saving system significantly restrains the decrease in humus content, and when manure is applied, it ensures its accumulation compared to annual plowing, where it decreased from 4.4% to 3.8% over 34 years. When processing is minimized, the proportion of soil structural units of 5-3 mm and 3-1 mm increases and decreases to more than 10 mm. The microbiological activity of the layers of the arable horizon is directly dependent on the location of organic residues: during plowing, it is highest in the 10-20 cm layer, and in the variant with the maximum minimization of processing in 0-10 cm, with a gradual attenuation of 25 and 59% in subsequent layers. At No-Till, the architecture of the spring wheat root system is an inverted bell and is as close as possible to the configuration of the roots in the virgin soil. Minimizing tillage makes it possible to achieve the main objectives of biologization of agriculture – the reproduction of soil fertility and increasing the efficiency of using moisture resources in the arid steppe. This is the reason to believe that minimizing tillage is an important element of the biologization of agriculture.

Keywords: biologization of agriculture, minimization of cultivation, soil structure, humus, soil density, root architectonics

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2020-2025 FSBEI Orenburg State Agrarian University (No. AAAA-A17-117112340090).

For citation: Bakirov FG, Vasiliev IV, Filippova AV, Didenko VV, Dolmatov AP. Minimization of soil cultivation as an important element of biologization of agriculture in Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):172-185. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-172>

Введение.

Интенсификация земледелия, представляемая как «использование более совершенных технологий, технических средств, дополнительных вложений и качественных улучшений с целью повышения эффективности общественного производства» (Шогенов Б.А. и Хоружий В.И., 2010), обеспечивая продовольственное благополучие человечества, в той или иной мере сопровождалась загрязнением продукции и ухудшением экологической обстановки (Прокопьев М.Г., 2018). Почва как средство производства во многом определяет качество и санитарно-гигиенические показатели

получаемой сельскохозяйственной продукции и должна «рассматриваться как экологическая категория» (Соколов М.С., 2020). В то же время даже черноземы, обладающие мощными буферными способностями, не в полной мере справляются с интенсивным использованием пестицидов, удобрений и различных видов обработки. От применения химических препаратов сильно пострадало биологическое разнообразие, например, исчезли некоторые виды насекомых, являющихся значительным элементом пищевой цепочки (Groh K et al., 2022). Развилась резистентность у целого ряда вредителей (Scharf ME et al., 2024; Bass C et al., 2015), болезней (Кумарбаева М.Т. и др., 2023) и сорняков (Schütte G et al., 2017). Вовлечение почв в сельскохозяйственное использование вспашкой вызывает эрозию, как следствие, в 2 раза уменьшается ценная фракция агрегатов (Сулейманов А.Р. и др., 2021). Удобрения, играя важную роль в поддержании плодородия почвы, повышении урожайности и улучшении качества урожая, иногда превращаются в проблему для современного сельского хозяйства. Значительная часть удобрений теряется, увеличивая сельскохозяйственные расходы, затраты энергии и загрязнение окружающей среды (Загазежева О.З. и Хаджиева М.И., 2020). Возникла необходимость в альтернативе интенсивному земледелию. Ею, по мнению ученых, может стать органическое земледелие, предусматривающее полный отказ от пестицидов и химических удобрений. Однако из-за присущих ему нерешаемых проблем и несоблюдения в полной мере отдельных законов земледелия, например, «закона возврата», органическое земледелие, в отличие от интенсивного, не способно произвести необходимое количество продукции (Стекольников К.Е., 2020). Поэтому была предложена другая, менее радикальная альтернатива – биологизированное земледелие, или биологизация земледелия.

Целью биологизированного земледелия является сохранение, в перспективе – приумножение плодородия почвы применением севооборотов без чистого пара, сидератов, органических остатков и биологических препаратов, часто с синергетическим эффектом от совместного их использования, а также экологизация защиты растений за счет широкого применения биологических препаратов. Но, в отличие от органического, биологизированное земледелие не отвергает применение пестицидов и удобрений химического происхождения. Между тем обработка почвы часто рассматривается вне парадигмы биологизированного земледелия, хотя, например, оставление органических остатков на поверхности почвы как важнейшего элемента биологизации возможно только при прямом посеве.

Цель исследования.

Обоснование концепции, что минимизация обработки почвы является важным элементом биологизированного земледелия, определяющим эффективность других мероприятий в засушливой степи Оренбуржья.

Материалы и методы исследования.

Объекты исследований. Почва – чернозем южный карбонатный малогумусный тяжелосуглинистый на красно-бурых карбонатных суглинках. Корневая система яровой пшеницы.

Характеристика территорий и природно-климатические условия. Опытные участки находились в 18 км к югу от г. Оренбург (51°78'72"N-55°28'80"E). В районе исследований средняя годовая температура составляет +5,3 °С, среднегодовое количество осадков – 365 мм. Почва представлена черноземом южным тяжелосуглинистым, с содержанием гумуса в пахотном слое 4,4 % (по Тюрину), легкогидролизуемого азота (N) – 8,4 мг, подвижного фосфора (P₂O₅) – 3,25 мг, обменного калия (K₂O) – 27 мг на 100 г почвы (по Мачигину).

Схема эксперимента. Материалом для статьи послужили результаты двух стационарных опытов. Из первого эксперимента, заложенного в 1988 году взяты вариант с чередованием обычной вспашки на глубину 20-22 см с глубокой на 28-30 см, вариант с безотвальным рыхлением на аналогичную со вспашкой глубину и вариант, где нулевая обработка чередовалась с мелкими и глубокими рыхлениями. Из второго опыта, проводимого с 2011 года, из трех ресурсосберегающих

технологий был взят прямой посев (No-Till), где поле оставляли без осенней обработки почвы в течение всей ротации севооборота без пара.

Отбор проб в четырехкратной повторности проводили весной вне следа колес посевной и уборочной техники. Образцы почвы для дефиниции массы корней отбирали буром С.С. Шаина с сечением 15×15 см на глубину до 0,5 м, через 5 и 10 см, в фазу полной спелости пшеницы. Корневые остатки после отмывки высушивали и взвешивали в воздушно-сухом состоянии. Скорость разложения целлюлозы определяли в чашках Петри на среде Гетчинсона.

Оборудование и технические средства. Содержание гумуса определяли в ФГБУ ГЦ агрохимической службы «Оренбургский» по методу Тюрина (ГОСТ 26213), плотность почвы в пахотном слое – методом Н.А. Качинского (1965). Агрегатный состав почвы определяли весной методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову.

Статистическая обработка. Статистическую обработку данных, полученных в полевых стационарных опытах, выполняли методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 2012), с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США).

Результаты исследований.

Исследования показали, что в результате включения в систему обработки нулевых и мелких способов (почвосберегающая) значительно замедляется скорость снижения содержания гумуса в пахотном слое почвы, а при внесении 50 т/га навоза в начале ротации зернопаропропашного севооборота (1988-2002 гг.) наблюдается его накопление (рис. 1). На варианте с ежегодной вспашкой (интенсивная система обработки почвы) содержание гумуса снижается, в том числе при внесении органических удобрений.

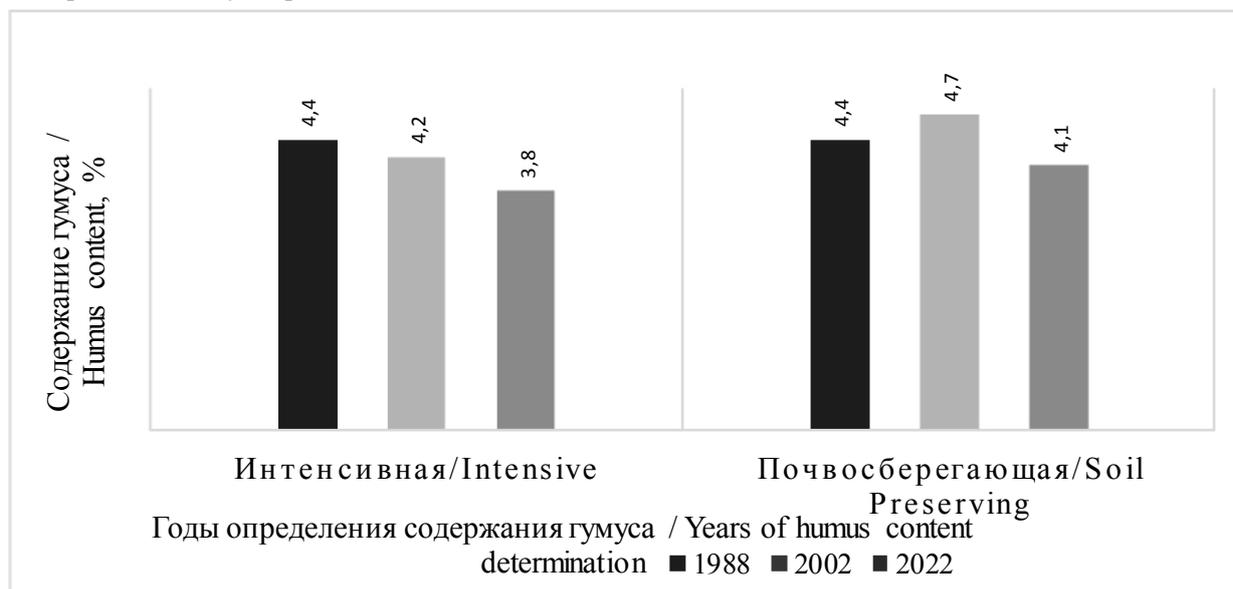


Рисунок 1. Изменение плодородия почвы под влиянием систем обработки

Figure 1. Changes in soil fertility under the influence of cultivation systems

Приращение гумуса при частом использовании нулевых и мелких обработок в системе обработки почвы происходит за счет увеличения его содержания в слоях 0-10 см и 10-20 см (рис. 2). При интенсивной системе обработки почвы содержание гумуса снижается во всех слоях пахотного горизонта, включая слой 20-30 см.

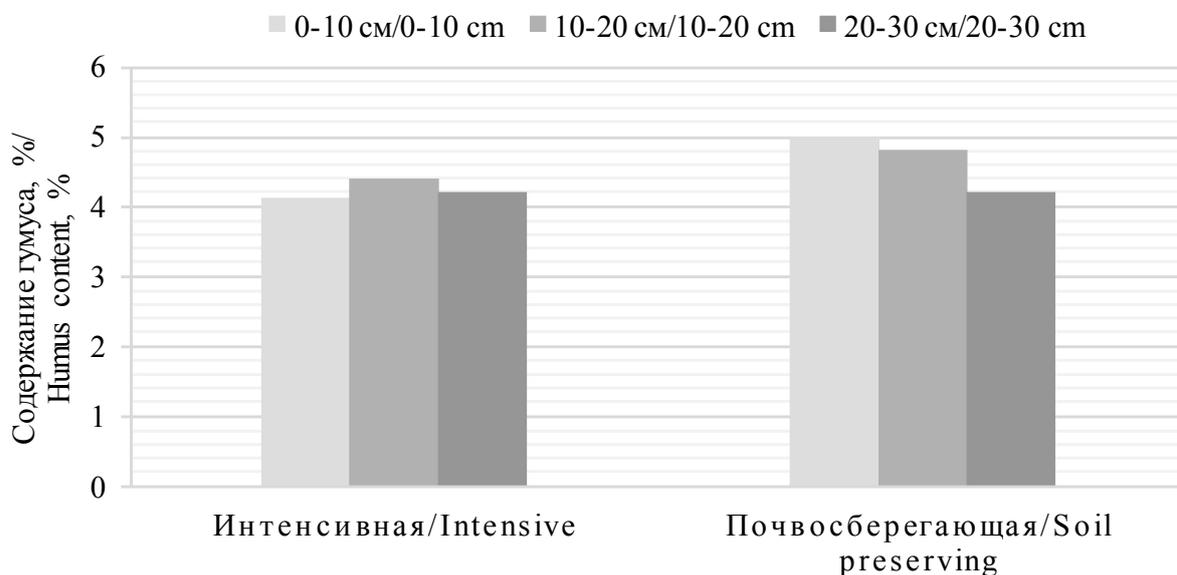


Рисунок 2. Влияние систем обработки на плодородие отдельных слоев пахотного горизонта чернозема южного

Figure 2. The influence of cultivation systems on the fertility of individual layers of the arable horizon of southern chernozem

Под влиянием систем обработки почвы происходит дифференциация пахотного горизонта на слои, отличающиеся по микробиологической активности. На вспашке микробиологическая активность наиболее высокая в слое 20-30 см, а наименее – в слое 0-10 см (рис. 3).

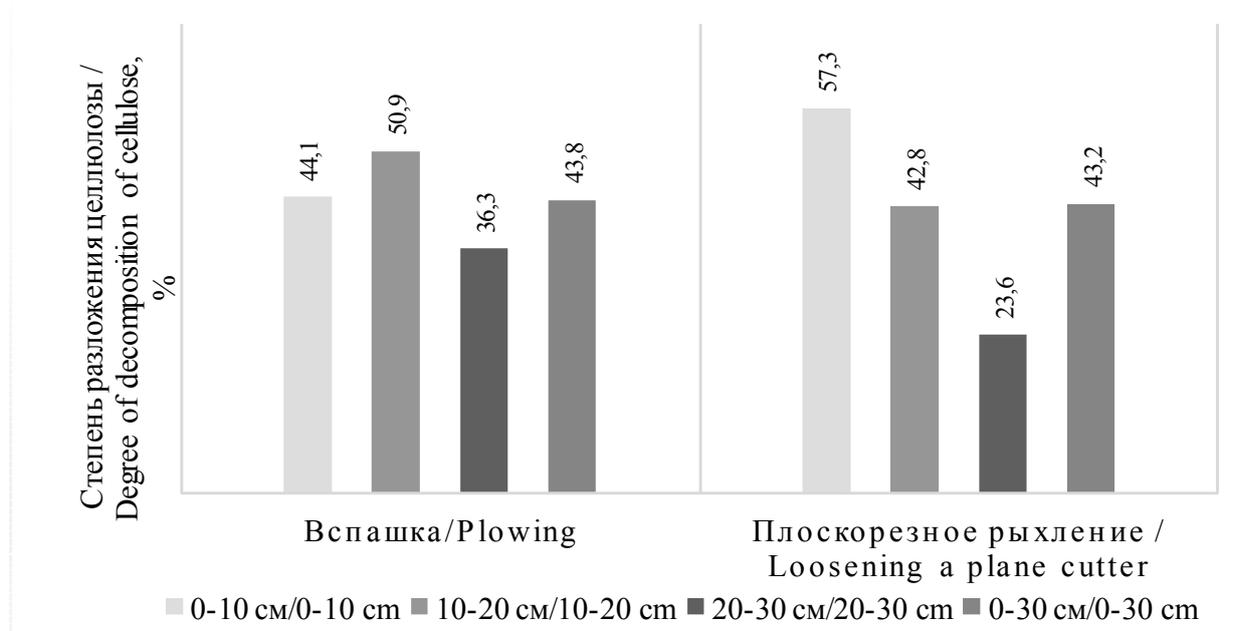


Рисунок 3. Динамика активности целлюлозоразрушающих бактерий в зависимости от приемов основной обработки, % (1994-1996 гг.)

Figure 3. Dynamics of the activity of cellulose-destroying bacteria depending on main treatment methods, % (1994-1996)

На варианте, где прямой посев периодически проводился два года подряд под зерновые культуры в чередовании с мелкими и глубокими рыхлениями (почвосберегающая система), наиболее высокая активность отмечена в слое 0-10 см. В последующих слоях с уменьшением поступления органических остатков происходит постепенное затухание микробиологической активности на 25 и 59 %.

Необходимо отметить, что микробиологическая активность пахотного слоя (0-30 см) в целом при вспашке и плоскорезном рыхлении остается одинаковой – 43,8 и 43,2 % соответственно. С аналогичной активностью целлюлозоразрушающих бактерий закономерно меняется по слоям пахотного горизонта количество сапрофитных бактерий, грибов и азотфиксаторов *Azotobacter* (Бакиров Ф.Г., 2019).

Известно, что архитектура корней растения, темпы их роста и масса, а также формирование генетически обусловленного типа корня вызвано большим количеством взаимозависимых факторов. Однако, по нашему мнению, основным фактором, изменяющим форму корня и его массу, при сравнительно равных прочих условиях, является дифференциация пахотного горизонта на слои, резко различающиеся по плотности в результате влияния способа обработки почвы.

В нашем опыте характер размещения корневой системы фитоценоза (по массе) на целине напоминает перевернутый колокол (рис. 4). Наибольшая масса корней находится в верхнем 0-10 см слое, а в следующих слоях, по мере углубления вниз по профилю почвы, она постепенно уменьшается.

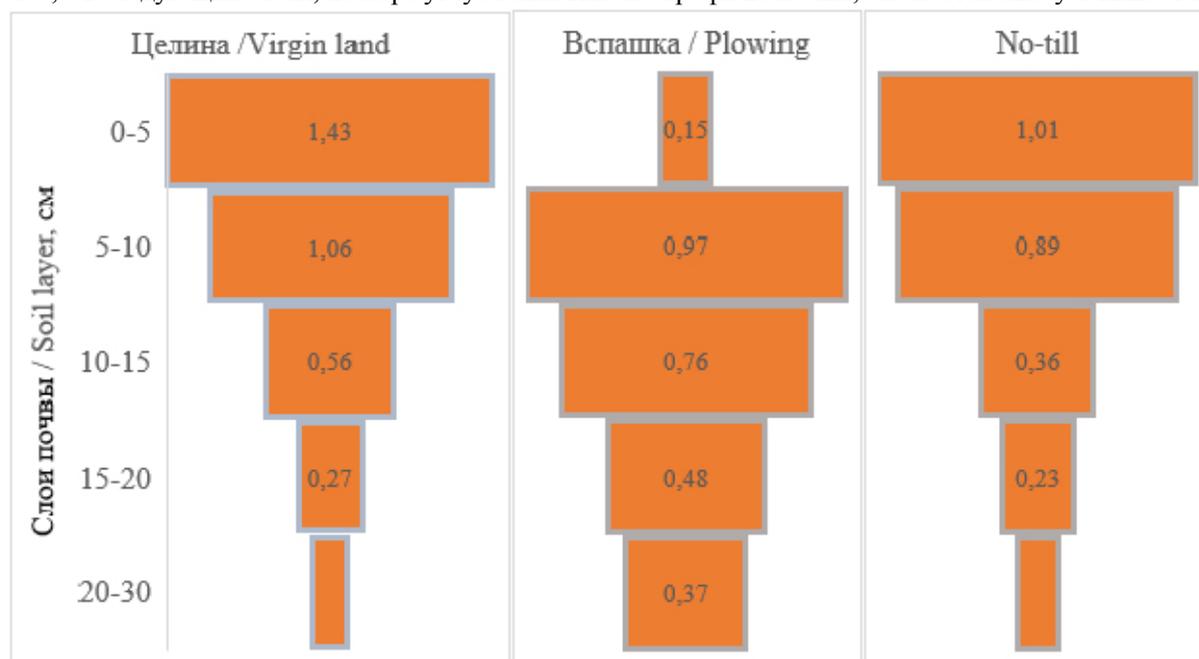


Рисунок 4. Профильное размещение корневой системы растений (т/га) в естественном ценозе и агроценозах засушливой степи Оренбургского Предуралья (2015-2017 гг.)

Figure 4. Profile distribution of the root system of plants (t/ha) in the natural cenosis and agrocenoses of the arid steppe of Orenburg Cis-Urals (2015-2017)

Антропогенное вмешательство значительно изменяет архитектуру корней. Как видно из рисунка 4, наиболее близко к целине по форме корня в профиле почвы находится вариант с No-Till. На этом варианте основная масса корней размещается в верхнем 0-5 см слое, а дальше вниз по профилю, также как и на целине, плавно снижается от слоя к слою. Тогда как при отвальной обработке почвы в верхнем 0-5 см слое корни составляют лишь 6 % от общей массы в горизонте 0-50 см. В следующем слое (5-10 см) масса корней резко возрастает, достигая 34 % против 6 % в

верхнем. Ниже 10-сантиметрового слоя подземный орган пшеницы распределяется со слабо заметным уменьшением массы корней в каждом последующем слое.

Несомненно, что в агроценозах именно разница в плотности отдельных слоев почвенного горизонта определяет архитектуру корневой системы яровой пшеницы. Как показали наши исследования, на глубокой вспашке плотность почвы по годам изменяется от 1,06 до 1,12 г/см³, т. е. находится в очень рыхлом состоянии. Поэтому после вспашки в пахотном слое почвы значительно больше корней, чем на No-Till. При минимизации обработки почвы объемная масса почвы увеличивается, достигая наибольших значений при прямом посеве. Здесь плотность на 0,10...0,15 г/см³ выше, чем на вспашке. Но в целом плотность пахотного слоя, даже при значениях 1,21...1,22 г/см³, остается в диапазоне оптимальных значений для полевых культур, если принять, что верхний предел оптимума плотности пахотного слоя составляет 1,30 г/см³.

Однако, несмотря на практически одинаковую среднюю объемную массу пахотного горизонта, на этих вариантах наблюдается существенная разница в плотности некоторых его слоев. При длительном непрерывном использовании прямого посева (No-Till) формируется сглаженное по плотности слоев сложение пахотного горизонта. Разница плотности по слоям не превышает 0,01...0,03 г/см³, тогда как при повторном применении мелкой обработки происходит уплотнение нижележащего слоя до значений, превышающих оптимальное. В итоге плотность слоев 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см на нулевой обработке в среднем за несколько лет составляет соответственно 1,10 г/см³, 1,25 г/см³, 1,24 г/см³, а на мелком рыхлении – 1,09 г/см³, 1,35 г/см³, 1,26 г/см³.

При сравнительной оценке трех вариантов обработки почвы (табл. 1) было установлено, что в метровом слое почвы при прямом посеве (No-Till) накапливается на 29 мм и 40 мм меньше влаги, чем при мелкой и глубокой обработке. Однако большие запасы влаги в почве не обеспечили большую урожайность яровой пшеницы. Наоборот, при меньших запасах влаги на No-Till был получен более высокий урожай зерна пшеницы, что свидетельствует о более эффективном использовании ресурсов воды при применении прямого посева. Коэффициент водопотребления яровой пшеницы на No-Till уменьшается в 1,1 раза по отношению мелкой обработке и глубокому рыхлению.

Таблица 1. Эффективность водопотребления яровой пшеницы при различных системах обработки почвы (2012-2016 гг.)

Table 1. Water use efficiency of spring wheat under different tillage systems (2012-2016)

Система обработки почвы/Tillage system	Запасы влаги/осадки за вегетацию, мм/Moisture reserves/precipitation during vegetation, mm	Урожайность, т/га/Yield, t/ha	Коэффициент водопотребления, мм/т/Water consumption coefficient, mm/t
Прямой посев/ Direct seeding	129/77	0,48	388
Мелкая обработка/ surface tillage	158/77	0,52	417
Глубокое рыхление/ Subsoiling	169/77	0,56	418
НСП ₀₅	-	0,04	-

Почвозащитная система обработки, где чередуются нулевая обработка с мелкими и глубокими рыхлениями, значительно улучшает структурное состояние пахотного горизонта, по сравнению с интенсивной системой, основанной на ежегодной разноглубинной отвальной обработке почвы (рис. 5).

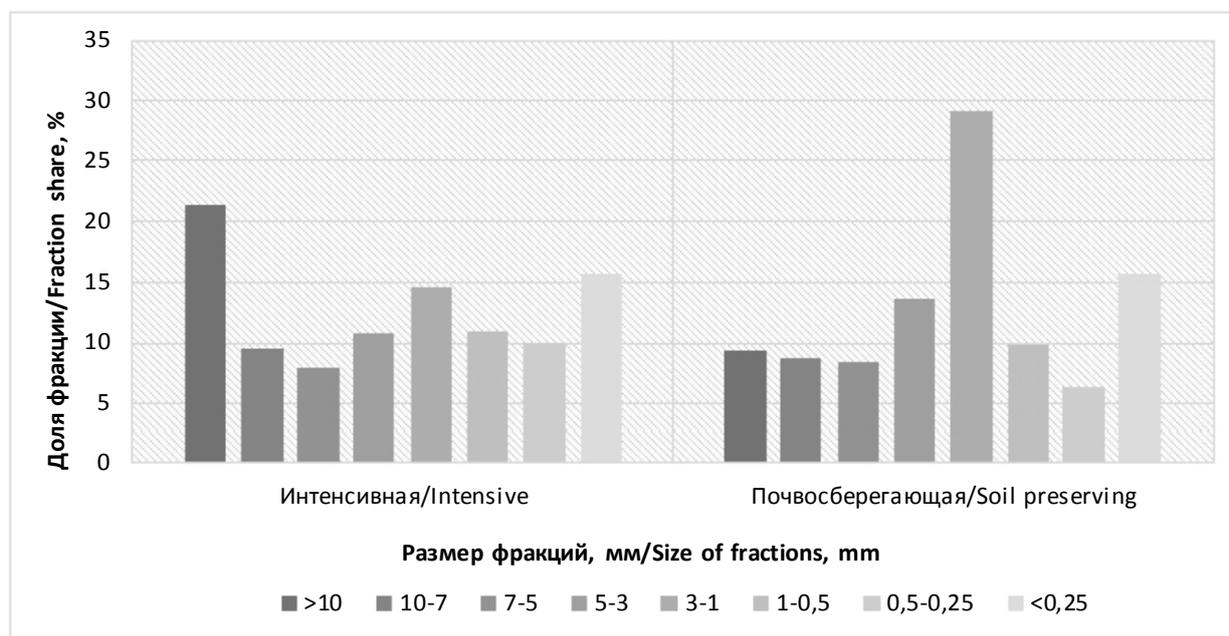


Рисунок 5. Изменение структурного состояния пахотного горизонта под влиянием систем обработки почвы различной интенсивности (2021–2023 гг.)

Figure 5. Changes in the structural state of the arable horizon under the influence of soil cultivation systems of varying intensity (2021–2023)

Существенно увеличивается доля фракций размером 5–3 мм и 3–1 мм, которые считаются с агрономической точки зрения наиболее ценными для засушливых регионов, и значительно уменьшается фракция размером более 10 мм.

Обсуждение полученных результатов.

В ходе исследований было установлено, что системы обработки почвы при длительном их использовании оказывают существенное влияние на динамику гумуса, как на среднее его содержание в пахотном горизонте, так и в отдельных его слоях. Ежегодная разноглубинная вспашка (интенсивная система обработки почвы) приводит к снижению содержания гумуса даже при внесении 50 т/га навоза в начале ротации севооборота. Тогда как применение почвосберегающей системы (нулевая в чередовании с мелкими и глубокими безотвальными рыхлениями) обеспечивает замедление минерализации гумуса, а при внесении навоза способствует увеличению его содержания. При этом повышение содержания гумуса в пахотном горизонте происходит за счет приращения его в 0–10 см и 10–20 см слоях.

Такая реакция почвы на различные системы обработки почвы обусловлена локализацией органических веществ в слоях пахотного горизонта, а также характером и интенсивностью процессов их превращения. На это указывает и то, что затухание или, наоборот, усиление активности бактерий в разных слоях также связано с характером локализации пожнивных остатков и органических удобрений в профиле пахотного слоя почвы при отвальном и безотвальных способах обработки.

Минимизация обработки почвы максимально приближает почвообразовательный процесс к естественному, характерному для чернозема. Происходит дифференциация почвенного профиля с максимальным содержанием гумуса в верхнем слое почвы и равномерным уменьшением количества гумуса с глубиной. Значительно усиливается микробиологическая активность верхнего (0–10 см) слоя почвы с постепенным затуханием в последующих слоях. На уменьшение численности

целлюлозоразрушающих микроорганизмов сверху вниз по профилю почвы при нулевой обработке в сравнении со вспашкой указывают в своей работе Власенко А.Н. и Власенко Н.Г. (2021), а значительно раньше – Витер А.Ф. (1990).

Следовательно, меняя локализацию органических веществ в слоях пахотного горизонта обработкой почвы, можно регулировать скорость накопления гумуса.

Известно, что архитектура корней растения, темпы их роста и масса, а также формирование генетически обусловленного типа корня вызвано большим количеством взаимозависимых факторов. Как показали наши исследования, на целине наибольшая масса корней находится в верхнем 0-10 см слое, а в следующих слоях, по мере углубления вниз по профилю почвы, она постепенно снижается. Подобное размещение корневой системы в почвенной толще является результатом адаптации растений к режиму выпадения осадков в степной зоне нормами от 2,0 до 4,5 мм, которые увлажняют только верхний слой почвы (Бакиров Ф.Г. и др., 2023).

Другим фактором, изменяющим форму корня и его массу при сравнительно равных прочих условиях, является дифференциация пахотного горизонта на слои, резко различающиеся по плотности в результате влияния способа обработки почвы. Например, при длительном непрерывном использовании прямого посева (No-Till) формируется сглаженное по плотности слоев сложение пахотного горизонта. Этим объясняется схожесть характера размещения корневой системы яровой пшеницы на No-Till с естественным ценозом, тогда как при резком перепаде плотности почвы при мелком рыхлении (Бакиров Ф.Г. и др., 2024б) даже у подсолнечника со стержневой корневой системой происходит поверхностное размещение всей массы корней или наблюдаются значительные деформации и утолщения основного корня. О том, что корни подсолнечника и кукурузы подобным образом реагируют на уплотнение почвы, пишут Goodman AM и Ennos AR (1999). Они же предполагают, что, манипулируя плотностью почвы, можно контролировать полегание растений.

На вспашке наибольшая масса корней (34 %) сосредоточена в слое 5-10 см, а наименьшая (6 %) – в верхнем 0-5 см, что является результатом практически постоянного нахождения этого слоя в сухом состоянии, вызванное в том числе технологией выращивания культур, предусматривающей рыхление и высушивание почвы для уменьшения потерь влаги с нижележащих слоев. Небольшое количество корней в верхнем слое почвы или даже их отсутствие, не позволяет культурам использовать летние осадки, с малыми нормами. И наоборот, архитектура корневой системы, подобной на целине, позволяет растениям на No-Till эффективно их использовать, значительно повышая тем самым результативность употребления всех ресурсов влаги. В то же время в исследованиях Неверова А.А. и др. (2023), в условиях Оренбургского Предуралья показана высокая сопряженность урожайности зерна ячменя с запасами продуктивной влаги в почве. Однако необходимо отметить, что авторами устанавливалась зависимость между урожайностью зерновой культуры и запасами влаги в разрезе одного способа обработки почвы. Тогда как в нашем случае для определения взаимосвязи между переменными в качестве одной из них учитывался весь ресурс влаги (запасы влаги в почве и осадки за вегетационный период), причем при разных способах обработки почвы. Этим, на наш взгляд, объясняется разница в полученных результатах в исследованиях.

Выявлено, что корневая система культурных растений также может влиять на плотность пахотного слоя. Так, В.В. Диденко (2024) установила, что в засушливых условиях Оренбургского Предуралья у сорго с мочковатым корнем способность разуплотнять почву значительно сильнее, чем у нута со стержневым типом корневой системы, и что после сорго качество обработки значительно лучше, чем после нута.

Преимущество почвосберегающей системы обработки перед интенсивной, основанной на ежегодной вспашке заключается и в том, что при ее применении существенно увеличивается доля фракций размером 5-3 мм и 3-1 мм, которые считаются с агрономической точки зрения наиболее ценными для засушливых регионов, и значимо уменьшается нежелательная фракция размером более 10 мм (Бакиров Ф.Г. и др., 2024а).

Минимизация обработки почвы максимально приближает почвообразовательный процесс к естественному, характерному для чернозема. Происходит дифференциация почвенного профиля с

максимальным содержанием гумуса в верхнем слое почвы и равномерным уменьшением количества гумуса с глубиной. Значительно усиливается микробиологическая активность верхнего (0-10 см) слоя почвы. Это, если допустить, что естественный ценоз обладает более высокой продуктивностью, чем агроценоз, что было подтверждено учеными в Центральном Черноземье, которые установили, что надземная масса растений в заповедной степи достигает 11,7 т/га, а на пашне – всего 6,26 т/га (Волобуева И.В., 2004), будет повышать продуктивность пашни.

Заключение.

Минимизация, особенно при включении в систему обработки почвы прямого посева, формирует восстановление почвы к целевым установкам, обозначенным в биологическом земледелии. Почвообразовательный процесс максимально приближается к естественному, характерному для чернозема, с дифференциацией содержания гумуса в слоях почвенного горизонта по регрессивно-аккумулятивному типу. Это подтверждается разницей микробиологической активности отдельных слоев пахотного горизонта. При безотвальных рыхлениях наиболее биологически активным становится верхний (0-10 см) слой почвы, а на вспашке, наоборот – наименее активным.

Изменения в локализации органических веществ в пахотном слое посредством обработки почвы приводят к усилению или снижению скорости образования гумуса. При размещении растительных остатков в поверхностных слоях пахотного горизонта образуется (при внесении навоза) или сохраняется больше гумуса, чем при запашке их в нижние слои. Следовательно, меняя локализацию органических веществ в слоях пахотного горизонта обработкой почвы, можно управлять процессом почвообразования.

На No-Till архитектура корневой системы яровой пшеницы представляет собой перевернутый колокол и максимально приближена к конфигурации корней в почвенной толще целины, что значительно повышает эффективность использования ресурсов влаги, особенно летних осадков. И если естественный фитоценоз априори более продуктивен, чем агроценоз, можно сделать вывод, что минимизация почвообработки имеет определяющее значение в повышении плодородия почвы и эффективности других мероприятий по биологизации земледелия, а также в увеличении продуктивности пашни.

Список источников

1. Бакиров Ф.Г. Экологизация обработки почвы в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6(80). С. 77-80. [Bakirov FG. Ecologization of soil treatment in the Orenburg region. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2019;6(80):77-80. (*In Russ.*)].
2. Витер А.Ф. Изменение плодородия чернозёмов при их обработке // Ресурсосберегающие системы обработки почвы: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ; И.П. Макаров (отв. ред.). М.: Агропромиздат, 1990. С. 123-129. [Viter AF. *Izmenenie plodorodija chernozjmov pri ih obrabotke*. Resursovberegajushhie sistemy obrabotki pochvy: sb. nauch. tr. VASHNIL; IP Makarov (ed.). Moscow: Agropromizdat, 1990:123-129. (*In Russ.*)].
3. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Система No-Till на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири // Плодородие. 2021. № 3(120). С. 81-83. [Vlasenko AN, Vlasenko NG. No-Till cultivation on chernozem soils of forest-steppe of northern part of Western Siberia. *Plodorodie*. 2021;3(120):81-83. (*In Russ.*)]. doi: 10.25680/S19948603.2021.120.15
4. Влияние водной и ветровой эрозии на буферные свойства почв степных районов Республики Башкортостан / А.Р. Сулейманов, Ф.И. Назырова, Т.Т. Гарипов и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 41-45. [Suleymanov AR, Nazyrova FI, Garipov TT, et al. Water and wind erosion influence on buffering capacity of soils of Republic Bashkortostan steppe regions. *Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka*. 2021;5:41-45. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/S2500262721050082

5. Влияние длительного применения систем обработки почвы на структуру чернозема южного Оренбургского Предуралья / Ф.Г. Бакиров, Н.Д. Берлишев, И.В. Васильев, С.Н. Дерябин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024а. № 3(107). С. 9-14. [Bakirov FG, Berlishev ND, Vasiliev IV, Deryabin SN. The effect of long-term use of tillage systems on the structure of the chernozem of the southern Orenburg Urals. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2024a;3(107):9-14. (*In Russ.*). doi: 10.37670/2073-0853-2024-107-3-9-14
6. Волобуева И.В. Сравнительный анализ биологической продуктивности природных растительных сообществ и агрофитоценозов в условиях Центрального Черноземья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 2004. 18 с. [Volobueva IV. *Sravnitel'nyj analiz biologicheskoy produktivnosti prirodnyh rastitel'nyh soobshhestv i agrofitocenozov v usloviyah Central'nogo Chernozem'ja*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Brjansk; 2004:18 p. (*In Russ.*).
7. Динамика плотности чернозема южного под влиянием корневой системы нута и сорго / В.В. Диденко, Ф.Г. Бакиров, А.В. Филипова и др. // Научные достижения и инновационные технологии в АПК: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2024. С. 134-139. [Didenko VV, Bakirov FG, Filippova AV et al. Dynamics of density of southern chernozem under the influence of the root system of chickpeas and sorghum (Conference proceedings). *Scientific achievements and innovative technologies in agriculture: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Volgograd: Volgograd State Agrarian University. 2024:134-139. (*In Russ.*).
8. Загазежева О.З., Хаджиева М.И. Перспективы снижения экологической нагрузки сельскохозяйственного производства на основе массовой роботизации // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6(98). С. 145-154. [Zagazheva OZ, Hadzhieva MI. Prospects for reducing the environmental burden of agricultural production based on mass robotization. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2020;6(98):145-154. (*In Russ.*). doi: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-145-154
9. Здоровая почва – условие устойчивости и развития агро- и социосфер (проблемно-аналитический обзор) / М.С. Соколов, А.М. Семенов, Ю.Я. Спиридонов, Е.Ю. Торопова, А.П. Глинушкин // Известия Российской академии наук. Серия биологическая 2020. № 1. С. 12-21. [Sokolov MS, Semenov AM, Spiridonov YuYa, Toropova EYu, Glinushkin AP. Healthy soil – condition of stability and development of the argo- and sociospheres (problem and analytical review). *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological series* 2020;1:12-21. (*In Russ.*). doi: 10.31857/S0002332920010142
10. Идентификация источников устойчивости к желтой ржавчине (*puccinia striiformis westend f. Sp. Tritici*) пшеницы в коллекции озимых образцов / М.Т. Кумарбаева, А.М. Кохметова, Ж.С. Кешилов, А.А. Малышева, А.А. Болатбекова // Исследования, результаты. 2023. № 2(98). С. 89-101. [Kumarbayeva MT, Kokhmetova AM, Keishilov ZhS, Malysheva AA, Bolatbekova AA. Identification of sources of resistance to stripe rust (*puccinia striiformis west end f. Sp. Tritici*) of wheat in the collection of winter samples. *Research, results*. 2023;2(98):89-101. (*In Russ.*). doi:10.37884/2-2023/09
11. Изменение плотности чернозема южного под влиянием приёмов и систем обработки почвы / Ф.Г. Бакиров, Н.Д. Берлишев, И.В. Васильев, Т.Н. Васильева // Животноводство и кормопроизводство. 2024б. Т. 107. № 2. С. 179-187. [Bakirov FG, Berlishev ND, Vasiliev IV, Vasilyeva TN. Changes in the density of southern black soil under the influence of soil cultivation techniques and systems. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024b;107(2):179-187. (*In Russ.*). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-179>
12. Неверов А.А., Верещагина А.С., Бельков Г.И. Влияние погодных условий и внекорневой подкормки на водопотребление и продуктивность ячменя в степной зоне Оренбуржья // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 225-238. [Neverov AA, Vereshchagina AS, Belkov GI. Influence of weather conditions and foliar feeding on water consumption and productivity of barley in the steppe zone of Orenburg region. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):225-238. (*In Russ.*). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-225>

13. Прокопьев М.Г. Экологическая составляющая обеспечения продовольственной безопасности // Проблемы рыночной экономики. 2018. № 4. С. 64-68. [Prokopyev MG. The ecological component of food security. Market Economy Problems. 2018;4:64-68. (*In Russ.*)]. doi: 10.33051/2500-2325-2018-4-64-68
14. Профильное размещение корней – основа для обработки почвы и повышения эффективности ресурсов влаги / Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, В.Б. Щукин, И.В. Васильев, А.П. Долматов, В.В. Диденко // Плодородие. 2023. № 6(135). С. 50-54. [Bakirov FG, Petrova GV, Shchukin VB, Vasiliev IV, Dolmatov AP, Didenko VV. Profile placement of roots is the basis for tillage and increasing the efficiency of moisture resources. Plodorodie. 2023;6(135):50-54. (*In Russ.*)]. doi: 10.25680/S19948603.2023.135.13
15. Стекольников К.Е. Органическое земледелие в России – благо или катастрофа? // Биосфера. 2020. Т. 12, № 1-2. С. 53-62. [Stekolnikov KE. Organic agriculture in Russia – good or disaster? Biosfera. 2020;12(1-2):53-62. (*In Russ.*)]. doi: 10.24855/BIOSFERA.V12I1.537
16. Шогенов Б.А., Хоружий В.И. Интенсификация, плодородие почв, эффективность сельскохозяйственного производства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010. Т. 6, № 23(80). С. 20-24. [Shogenov BA, Khoruzhiy VI. Intensifikacija, plodorodie pochv, jeffektivnost' sel'skohozejstvennogo proizvodstva. National interests: priorities and security. 2010;6(23-80):20-24. (*In Russ.*)].
17. Bass C, Denholm I, Williamson MS, Nauen R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. Pesticide Biochemistry and Physiology. 2015;121:78-87. doi: 10.1016/j.pestbp.2015.04.004
18. Goodman AM, Ennos AR. The effects of soil bulk density on the morphology and anchorage mechanics of the root systems of sunflower and maize. Annals of Botany. 1999;83(3):293-302. doi:10.1006/anbo.1998.0822
19. Groh K, Berg C, Schirmer K, Tlili A. Anthropogenic chemicals as underestimated drivers of biodiversity loss: scientific and societal implications. Environmental Science & Technology. 2022;56(2):707-710. doi: 10.1021/acs.est.1c08399
20. Scharf ME, Lee Ch-Y. Insecticide resistance in social insects: assumptions, realities, and possibilities. Current Opinion in Insect Science. 2024;62:101161. doi: 10.1016/j.cois.2024.101161
21. Schütte G, Eckerstorfer M, Rastelli V, et al. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. Environmental Sciences Europe. 2017;29(1):5. doi: 10.1186/s12302-016-0100-y

References

1. Bakirov FG. Ecologization of soil treatment in the Orenburg region. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2019;6(80):77-80.
2. Viter AF. Change in the fertility of chernozems during their cultivation. Resource-saving systems of soil cultivation: collection of scientific papers. VASKhNIL; I.P. Makarov (editor). Moscow: Agropromizdat; 1990:123-129.
3. Vlasenko AN, Vlasenko NG. No-Till cultivation on chernozem soils of forest-steppe of northern part of Western Siberia. Fertility. 2021;3(120):81-83. doi: 10.25680/S19948603.2021.120.15
4. Suleymanov AR, Nazyrova FI, Garipov TT, et al. Water and wind erosion influence on buffering capacity of soils of Republic Bashkortostan steppe regions. Russian Agricultural Science. 2021;5:41-45. doi: 10.31857/S2500262721050082
5. Bakirov FG, Berlishev ND, Vasiliev IV, Deryabin SN. The effect of long-term use of tillage systems on the structure of the chernozem of the southern Orenburg Urals. Bulletin of Orenburg State Agrarian University. 2024a;3(107):9-14. doi: 10.37670/2073-0853-2024-107-3-9-14
6. Volobueva IV. Comparative analysis of biological productivity of natural plant communities and agrophytocenoses in the conditions of the Central Black Earth Region: author's abstract. diss. ... candidate of biological sciences. Bryansk. 2004:18 p.

7. Didenko VV, Bakirov FG, Filippova AV et al. Dynamics of density of southern chernozem under the influence of the root system of chickpeas and sorghum (Conference proceedings). Scientific achievements and innovative technologies in agriculture: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University. 2024:134-139.
8. Zagazezheva OZ, Hadzhieva MI. Prospects for reducing the environmental burden of agricultural production based on mass robotization. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Centre of RAS. 2020;6(98):145-154. doi: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-145-154
9. Sokolov MS, Semenov AM, Spiridonov YuYa, Toropova EYu, Glinushkin AP. Healthy soil – condition of stability and development of the argo- and sociospheres (problem and analytical review). Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological series 2020;1:12-21. doi: 10.31857/S0002332920010142
10. Kumabayeva MT, Kokhmetova AM, Keishilov ZhS, Malysheva AA, Bolatbekova AA. Identification of sources of resistance to stripe rust (*puccinia striiformis* west end f. Sp. Triticici) of wheat in the collection of winter samples. Research, results. 2023;2(98):89-101. doi:10.37884/2-2023/09
11. Bakirov FG, Berlishev ND, Vasiliev IV, Vasilyeva TN. Changes in the density of southern black soil under the influence of soil cultivation techniques and systems. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024b; 107(2):179-187. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-179>
12. Neverov AA, Vereshchagina AS, Belkov GI. Influence of weather conditions and foliar feeding on water consumption and productivity of barley in the steppe zone of Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(3):225-238. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-225>
13. Prokopyev MG. The ecological component of food security. Market Economy Problems. 2018;4:64-68. doi: 10.33051/2500-2325-2018-4-64-68
14. Bakirov FG, Petrova GV, Shchukin VB, Vasiliev IV, Dolmatov AP, Didenko VV. Profile placement of roots is the basis for tillage and increasing the efficiency of moisture resources. Fertility. 2023;6(135):50-54. doi: 10.25680/S19948603.2023.135.13
15. Stekolnikov KE. Organic agriculture in Russia – a blessing or a disaster? Biosphere. 2020;12(1-2):53-62. doi: 10.24855/BIOSFERA.V12I1.537
16. Shogenov BA, Khoruzhiy VI. Shogenov B.A., Khoruzhiy V.I. Intensification, soil fertility, efficiency of agricultural production. National interests: priorities and security. 2010;6(23-80):20-24.
17. Bass C, Denholm I, Williamson MS, Nauen R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. Pesticide Biochemistry and Physiology. 2015;121:78-87. doi:10.1016/j.pestbp.2015.04.004
18. Goodman AM, Ennos AR. The effects of soil bulk density on the morphology and anchorage mechanics of the root systems of sunflower and maize. Annals of Botany. 1999;83(3):293-302. doi:10.1006/anbo.1998.0822
19. Groh K, Berg C, Schirmer K, Tlili A. Anthropogenic chemicals as underestimated drivers of biodiversity loss: scientific and societal implications. Environmental Science & Technology. 2022;56(2):707-710. doi: 10.1021/acs.est.1c08399
20. Scharf ME, Lee Ch-Y. Insecticide resistance in social insects: assumptions, realities, and possibilities. Current Opinion in Insect Science. 2024;62:101161. doi: 10.1016/j.cois.2024.101161
21. Schütte G, Eckerstorfer M, Rastelli V, et al. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. Environmental Sciences Europe. 2017;29(1):5. doi: 10.1186/s12302-016-0100-y

Информация об авторах:

Фарит Галиуллович Бакиров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(987)7804245.

Игорь Владимирович Васильев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета агротехнологий, землеустройства и пищевых производств, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18. тел.: +7(912)8453335.

Ася Вячеславовна Филиппова, доктор биологических наук, заведующий кафедрой земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д.18, тел.: +7 (961)9208322.

Виктория Владимировна Диденко, аспирант кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(922)8385557.

Алексей Петрович Долматов, доцент кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18, тел.: +7(987)8591912.

Information about the authors:

Farit G Bakirov, Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(987)7804245.

Igor V Vasiliev, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Agricultural Technologies, Land Management and Food Production, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(912)8453335.

Asya V Filippova, Dr. Sci. (Biology), Head of the Department of Agriculture, Agroecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, 18, tel.: +7(961)9208322.

Victoria V Didenko, postgraduate student of the department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(922)8385557.

Alexey P Dolmatov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(912)8591912.

Статья поступила в редакцию 05.04.2025; одобрена после рецензирования 10.05.2025; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 10.05.2025; accepted for publication 16.06.2025.