

Научная статья
УДК 633.111:631.90
doi: 10.48612/vch/g8n8-vh7n-h1et

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Юлия Александровна Богомолова, Алексей Валентинович Ивенин, Валентин Васильевич Ивенин, Сергей Михайлович Голубев

*Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева
603107, г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Аннотация. В условиях Нижегородской области на светло-серой лесной почве проведены исследования по изучению влияния различных способов основной обработки почвы (вспашка, безотвальная обработка, минимальная обработка, нулевая технология) и деструкторов соломы на агрофизические свойства почвы и урожайность яровой пшеницы. Установлено, что в начале вегетации яровой пшеницы минимальная обработка почвы обеспечила наименьший режим плотности в слое 0-10 см ($1,29 \text{ г/см}^3$). К моменту уборки наиболее значительное уплотнение верхнего 10-сантиметрового слоя почвы отмечалось по технологии прямого посева яровой пшеницы (с $1,33$ до $1,41 \text{ г/см}^3$). Применение полных минеральных удобрений в дозе 60 кг д. в./га (а также их сочетание с аммиачной селитрой в качестве деструктора соломы) и обработка соломы биопрепаратом Стимикс®Нива по естественному фону минерального питания ($1,29\text{-}1,32 \text{ г/см}^3$) оказали разуплотняющий эффект на слой почвы 0-10 см. Выявлено, что минимальная и нулевая обработки почвы значительно улучшают структурно-агрегатное состояние светло-серой лесной почвы ($C_s = 3,6$ и $3,7$ соответственно), при этом снижается количество как глыбистой, так и пылевой фракции. Применение биопрепарата Стимикс®Нива по данным обработкам увеличивает количество агрономически ценных агрегатов до уровня более 80% , в результате чего почва по своему структурному состоянию оценивается как отличная. В условиях вегетационного периода 2023 года наибольшую урожайность зерна яровой пшеницы сорта Злата обеспечивают ее возделывание по минимальной и нулевой технологии с внесением фоновых минеральных удобрений как в чистом виде, так и совместно деструкторами соломы – $3,59\text{-}3,86 \text{ т/га}$.

Ключевые слова: отвальная вспашка, безотвальная обработка, минимальная обработка, нулевая обработка, деструкторы соломы, плотность почвы, структурно-агрегатный состав.

Для цитирования: Богомолова Ю. А., Ивенин А. В., Ивенин В. В., Голубев С. М. Влияние различных систем обработки почвы и удобрений на агрофизические свойства светло-серой лесной почвы и урожайность яровой пшеницы в Нижегородской области // Вестник Чувашиского государственного аграрного университета. 2025 №2(33). С. 7-16.

doi: 10.48612/vch/g8n8-vh7n-h1et

Original article

THE INFLUENCE OF VARIOUS TILLAGE AND FERTILIZER SYSTEMS ON THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF LIGHT GRAY FOREST SOIL AND THE YIELD OF SPRING WHEAT IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Yulia A. Bogomolova, Alexey V. Ivenin, Valentin V. Ivenin, Sergey M. Golubev

*Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev
603107, Nizhny Novgorod, Russian Federation*

Abstract. In the Nizhny Novgorod region, studies have been conducted on light gray forest soil to study the effect of various methods of basic tillage (plowing, tillage-free, minimal tillage, zero technology) and straw destructors on the agrophysical properties of the soil and the yield of spring wheat. It was found that at the beginning of the growing season of spring wheat, minimal tillage provided the lowest density regime in the 0-10 cm layer (1.29 g/cm^3). By the time of harvesting, the most significant compaction of the upper 10-centimeter soil layer was observed using the technology of direct sowing of spring wheat (from 1.33 to 1.41 g/cm^3). The use of complete mineral fertilizers at a dose of 60 kg/ha (as well as their combination with ammonium nitrate as a straw destructor) and the treatment of straw with Stimix®Niva biologics according to the natural background of mineral nutrition ($1.29\text{-}1.32 \text{ g/cm}^3$) had a decompression effect on the soil layer of 0-10 cm. It was found that minimal and zero tillage significantly improve the structural and aggregate state of light gray forest soil ($C_s = 3.6$ and 3.7 , respectively), while reducing the amount of both lumpy and dusty fractions. According to these treatments, the use of Stimix®Niva biopreparation increases the number of agronomically valuable aggregates to a level of more than 80% , as a result of which the soil is assessed as excellent in its structural condition. In the conditions of the growing season of 2023, the highest yield of spring wheat grain of the Zlata variety is ensured by its cultivation using minimal and zero technology with the introduction of background mineral fertilizers both in pure form and together with straw destructors – $3.59\text{-}3.86 \text{ t/ha}$.

Keywords: dump plowing, non-dumping processing, minimal processing, zero processing, straw destructors, soil density, structural and aggregate composition.

For citation: Bogomolova Yu. A., Ivenin A. V., Ivenin V. V., Golubev S. M. The influence of various tillage and fertilizer systems on the agrophysical properties of light gray forest soil and the yield of spring wheat in the Nizhny Novgorod region // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2025 No. 2(33). Pp. 7-16.

doi: 10.48612/vch/g8n8-vh7n-h1et

Введение.

Основной задачей и требованием к технологиям при возделывании сельскохозяйственных культур является поддержание и оптимизация агрофизических свойств почвы. При этом особая роль в их регулировании отводится механической обработке почвы [7, 11, 14]. Большое внимание в современном мире помимо традиционных способов обработки почвы уделяют ресурсосберегающим технологиям, в которых глубокие интенсивные обработки почвы заменяют минимальными, среди которых особое место отводят прямому посеву или нулевой обработке почвы [1, 15].

Анализ литературных источников по влиянию различных систем основной обработки почвы на ее агрофизические свойства указывает на их неоднозначность. Так, при применении отвальной вспашки по сравнению с поверхностной обработкой и прямым посевом отмечают оптимальные показатели плотности и структурного состояния почв. При минимизации обработки почвы по сравнению с отвальной вспашкой часто происходит уплотнение ее верхнего слоя [6, 10]. Вместе с тем, водоустойчивость почвы по отношению к поверхностной обработке преобладала при прямом посеве [3, 12].

Спорность таких результатов вполне объяснима различием почвенно-климатических условий, в которых они были получены. Учитывая это обстоятельство, исследования по изучению систем основной обработки светло-серых лесных почв в условиях Нижегородской области с точки зрения сохранения и улучшения параметров агрофизического состояния почвы весьма актуальны.

Современные ресурсосберегающие технологии тесно взаимосвязаны с различными видами удобрений, так как растения необходимо бесперебойно обеспечивать основными элементами питания [4, 9]. В ресурсосберегающих технологиях особое значение имеют растительные остатки (солома). Она представляет собой энергетический материал для различных почвенных микроорганизмов, которые способствуют переводу элементов питания растений из труднодоступных форм в легкодоступные в процессе их минерализации [5, 13]. Скорость разложения соломы в почве определяется различными факторами и наличием источников питания для микроорганизмов. Дополнительным источником питания для почвенных микроорганизмов могут служить азотные удобрения или биологические деструкторы соломы, содержащие в своем составе высокое количество полезных бактерий [2, 8].

Цель исследований – изучение влияния технологии возделывания яровой пшеницы на изменение параметров агрофизического состояния

светло-серой лесной почвы и ее урожайность в условиях Нижегородской области.

Материалы и методы.

Изучение влияния различных систем основной обработки почвы на агрофизическое состояние светло-серой лесной среднесуглинистой почвы проведено в полевом стационарном двухфакторном опыте ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева» (Нижегородская область, Кстовский район, с. п. Селекционной станции), заложенном в 2014 г. В статье представлены данные научно-исследовательской работы за 2023 г.

Опыт ведется в шестипольном севообороте со следующим чередованием культур: 1 – озимая пшеница, 2 – соя на зерно, 3 – яровая пшеница, 4 – горох на зерно, 5 – овес, 6 – горчица на зерно.

В вариантах опыта изучали 5 способов основной обработки почвы (*фактор А*): традиционная вспашка (ТО) с оборотом пласта (20–22 см); безотвальная «глубокая» вспашка (БГО) (20–22 см); безотвальная «мелкая» обработка (БМО) стерневым культиватором Pottinger (14–16 см); минимальная обработка (МО) дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD (10–12 см); нулевая обработка (НО). Прямой посев осуществляли без обработки почвы сеялкой Sunflower 9421-20. Применение способов обработки почвы было постоянным с 2014 года для каждого варианта опыта.

Еще одним фактором нашего изучения являлась система удобрений (*фактор В*): 1) солома без удобрений (контроль); 2) солома + N (аммиачная селитра) 10 кг/т соломы; 3) солома + фон (N₆₀P₆₀K₆₀); 4) солома + фон + N (аммиачная селитра) 10 кг/т соломы; 5) солома + фон + биопрепарат Стимикс®Нива; 6) солома + биопрепарат Стимикс®Нива.

Растительные остатки (солома) от возделываемых культур измельчали в процессе уборки и заделывали в почву при основной обработке, предварительно внося аммиачную селитру в дозе 10 кг на 1 т соломы и проводя опрыскивание ОП-1200 с рабочим раствором Стимикс®Нива в дозе 2,0 л/га. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, диаммофоска) вносились общим фоном весной следующего года в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ кг д. в./га. После проводилась предпосевная культивация (кроме варианта с нулевой обработкой) и посев.

Применение способов основной обработки и удобрений было постоянным с 2014 года для каждого варианта. Размещение вариантов в полевом опыте систематическое. Площадь посевной делянки – 192 м² (8×24 м), повторность четырехкратная. В 2021 году начата вторая ротация севооборота.

Агрофизическое состояние светло-серой лесной почвы изучали при возделывании яровой пшеницы сорта Злата. Технология возделывания данной культу-

ры общепринятая для региона и по вариантам не различалась, за исключением изучаемых факторов.

Плотность почвы определяли буровым методом по Н. А. Качинскому. Для изучения структурно-агрегатного состава светло-серой лесной почвы во всех вариантах опыта были отобраны образцы ненарушенного сложения с глубины пахотного слоя. Отбор образцов проводили в период уборки яровой пшеницы. Структурно-агрегатный состав определен по методу Саввинова (сухое просеивание).

Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа (Б. А. Доспехов, 1985) при помощи программного пакета Microsoft Office Excel.

По данным метеостанции «Ройка», вегетационный период 2023 года складывался неоднозначно в плане влагообеспеченности посевов яровой пшеницы, хотя в целом год был на уровне многолетних погодных показателей: гидротермический коэффициент составил величину – 1,3 – средний многолетний показатель.

Результаты исследований и обсуждение.

Оптимальные физические свойства почвы – основа для формирования урожая зерновых культур. Интенсивность использования приемов основной обработки ведет к изменению таких показателей агрофизического состояния почвы, как плотность, структурно-агрегатное состояние. Плотность почвы рассматривается как интегральный показатель агрофизического состояния почвы, определяющий уровень ее плодородия. Для сельскохозяйственных культур плотность почвы должна находиться в определенных пределах, называемых оптимальной плотностью.

В начале вегетации яровой пшеницы величина плотности почвы выходила за пределы оптимальных значений по всем изучаемым системам обработки и составила 1,29-1,44 г/см³ в среднем по опыту (табл. 1). При этом в слое почвы 0-10 см плотность была ниже, чем в слое 10-20 см, независимо от способа обработки почвы.

Таблица 1. Плотность почвы при различных системах обработки почвы и удобрений в посевах яровой пшеницы, г/см³

Table 1. Soil density under different tillage and fertilization systems in spring wheat crops, g/cm³

Удобрения (фактор В)	Система обработки почвы (фактор А)											
	Традицион- ная «отвальная» (контроль)		Безотвальная «глубокая»		Безотвальная «мелкая»		Минимальная		Нулевая		Среднее (фактор В)	
	слой почвы, см											
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Начало вегетации												
1. Контроль	1,44	1,43	1,34	1,43	1,41	1,39	1,36	1,44	1,43	1,44	1,40	1,43
2. N ₁₀	1,47	1,50	1,33	1,44	1,28	1,39	1,26	1,41	1,44	1,41	1,36	1,43
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,35	1,45	1,36	1,43	1,31	1,43	1,31	1,47	1,25	1,42	1,32	1,44
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	1,35	1,38	1,27	1,40	1,31	1,47	1,25	1,44	1,28	1,45	1,29	1,43
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + БП	1,31	1,38	1,38	1,38	1,34	1,51	1,29	1,44	1,27	1,39	1,32	1,42
6. БП	1,35	1,37	1,35	1,47	1,37	1,47	1,29	1,44	1,33	1,42	1,34	1,43
Среднее (фактор А)	1,38	1,42	1,34	1,43	1,33	1,44	1,29	1,44	1,33	1,42		
НСР ₀₅ фактор А 0,04* / 0,03*												
НСР ₀₅ фактор В 0,04* / 0,03*												
НСР ₀₅ фактор АВ 0,09* / 0,09*												
После уборки урожая												
1. Контроль	1,39	1,35	1,44	1,50	1,28	1,40	1,25	1,46	1,43	1,53	1,36	1,45
2. N ₁₀	1,40	1,42	1,37	1,47	1,24	1,37	1,44	1,46	1,45	1,43	1,38	1,43
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,27	1,33	1,39	1,46	1,22	1,41	1,17	1,34	1,42	1,41	1,29	1,39
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	1,36	1,40	1,32	1,36	1,22	1,42	1,35	1,42	1,37	1,40	1,32	1,40
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + БП	1,38	1,39	1,39	1,44	1,39	1,39	1,27	1,43	1,39	1,44	1,36	1,42
6. БП	1,24	1,36	1,25	1,37	1,30	1,49	1,28	1,40	1,39	1,46	1,29	1,42
Среднее (фактор А)	1,34	1,37	1,36	1,43	1,27	1,41	1,29	1,42	1,41	1,44		
НСР ₀₅ фактор А 0,04* / 0,02*												
НСР ₀₅ фактор В 0,04* / 0,02*												
НСР ₀₅ фактор АВ 0,09* / 0,05*												

* для слоя почвы 0-10 см; ** для слоя почвы 10-20 см.

Традиционная вспашка обеспечивает более выравненное сложение пахотного слоя, что является одной из важных задач механической обработки почвы. Однако ее значения выше оптимальных, что негативно влияет на всходы и прорастание семян яровой пшеницы. Особенно сильное переуплотнение почвы отмечается на контрольном варианте и при использовании в качестве деструктора соломы аммиачной селитры по естественному фону и по своим значениям приближается к равновесной плотности (1,43-1,50 г/см³). Анализируя полученные данные, можно предположить, что интенсивное механическое воздействие на почву по традиционной технологии увеличивает количество пылевой фракции (табл. 2), которая и обуславливает увеличение плотности почвы.

Аналогичная закономерность проявилась и при нулевой технологии возделывания яровой пшеницы. Применение фоновых минеральных удобрений и биопрепарата Стимикс®Нива по технологии прямого посева обеспечило снижение плотности сложения почвы в слое 0-10 см на 0,02-0,10 г/см³ по сравнению с традиционной вспашкой, тогда как в слое 10-20 см она была несколько выше.

Минимальная обработка почвы обеспечивает наименьший режим плотности в слое 0-10 см (1,29 г/см³), тогда как в слое почвы 10-20 см ее значения были на уровне других изучаемых систем обработки почвы.

Применение минеральных удобрений и деструкторов соломы положительно сказывается на объемном весе почвы в слое 0-10 см: здесь ее значения достоверно ниже, чем на контрольном варианте. Это обусловлено лучшей минерализацией растительных остатков предшествующей культуры (сои) под влиянием минеральных и биодеструкторов соломы, которые оказывают разрыхляющее влияние на почву.

К моменту уборки яровой пшеницы по всем вариантам механической обработки отмечается некоторое разуплотнение почвы в слое 0-10 см (на 0,02-0,05 г/см³). При традиционной отвальной вспашке данная закономерность проявилась и в слое почвы 10-20 см (с 1,42 г/см³ снизилась до 1,37 г/см³). Такие изменения обусловлены воздействием на почву корневой системы изучаемой культуры и минерализацией растительных остатков в течение вегетационного периода.

Следует отметить, что безотвальная «мелкая» и минимальная обработки к осеннему периоду обеспечивают наименьшую плотность сложения как в слое 0-10 см (1,27 и 1,29 г/см³), так и в слое 10-20 см (1,41 и 1,42 г/см³ соответственно) по сравнению с другими ресурсосберегающими технологиями. Наиболее значительное уплотнение верхнего 10-сантиметрового слоя почвы к концу вегетационного периода отмечается по технологии прямого посева яровой пшеницы (с 1,33 до 1,41 г/см³).

Влияние систем удобрений на значения плотности почвы к концу вегетации яровой пшеницы проявилось следующим образом: разуплотняющий эффект на слой почвы 0-10 см оказало применение полных

минеральных удобрений в дозе 60 кг д. в./га (а также их сочетание с аммиачной селитрой в качестве деструктора соломы) и обработка соломы биопрепаратом Стимикс®Нива по естественному фону минерального питания (1,29-1,32 г/см³). Другие варианты удобрений достоверно повышают данный показатель до уровня 1,36-1,38 г/см³ (при НСР₀₅ = 0,04 г/см³).

Структура почвы является важнейшим показателем ее плодородия. Только с помощью структуры почв можно управлять пористостью и физическими свойствами почв, а также протекающими в них процессами. Основопологающим показателем качества структуры почвы являются агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Наличие в почве структурных агрегатов позволяет создать оптимальные условия водного, воздушного и пищевого режимов, гарантирующих получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Применение традиционной отвальной и безотвальной вспашки на глубину 20-22 см в наших исследованиях обеспечивают хорошее структурное состояние почвы, о чем свидетельствует высокое количество агрономически ценных агрегатов – от 67,1 до 79,8 % в зависимости от варианта удобрений (табл. 2, рис. 1). Коэффициент структурности в среднем при этих способах обработок составлял 3,2 и 3,1 ед. соответственно. Содержание макроагрегатов (>10 мм) при данных системах обработки почвы находилось на уровне 23,2-23,9 %, а микроагрегатов (<0,25 мм) – 1,3-1,4 %. Внесение полных минеральных удобрений в дозе 60 кг д. в./га как в чистом виде, так и в сочетании с деструкторами соломы, а также обработка соломы биопрепаратом Стимикс®Нива по естественному плодородию достоверно повышают количество мезоагрегатов в пахотном слое почвы, в результате чего К_с возрастает до 3,5-4,0 ед. При этом происходит перераспределение структурных отдельностей – снижается количество агрегатов >10 мм и увеличивается доля частиц размером от 1 до 5 мм.

Возделывание яровой пшеницы по безотвальной «мелкой» обработке стерневым культиватором Pottinger на глубину 14-16 см приводит к снижению агрономически ценных фракций в среднем по вариантам удобрений до 73,6 %, при этом возрастает доля крупных агрегатов (25,4 %) и снижается количество пылевой фракции (1,2 %). В результате коэффициент структурности достоверно снижается до 2,8 (при НСР_{0,5} = 0,3 ед.). Влияние удобрений на формирование структуры пахотного слоя при данной системе обработки почвы было неоднозначно, каких-либо закономерностей не выявило.

Использование в качестве орудия основной обработки почвы дисковой бороны ХМ 44660 NOTHAD и применение «прямого» посева, в связи с меньшим давлением на почвенную массу и снижением разрушающего действия на структурные отдельности, значительно улучшают структурно-агрегатное состояние светло-серой лесной почвы (К_с = 3,6 и 3,7 соответственно), при этом снижается количество как глыбистой, так и пылевой фракции.

Обращает на себя внимание тот факт, что применение биопрепарата Стимикс®Нива как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями увеличивает количество агрономически ценных агрегатов до уровня более 80 %, в результате чего почва в этих вариантах по своему структурному состоянию оценивается как отличная.

Яровая пшеница – основная продовольственная культура в нашей стране. Выращивание высоких, устойчивых урожаев качественного зерна яровой пше-

ницы возможно при выполнении основных приемов почвозащитной технологии, соблюдении севооборотов и учете всех требований агротехники, соответствующих биологическим особенностям сортов яровой пшеницы, снижающих влияние неблагоприятных погодных факторов. Кроме того, резервом увеличения урожая культуры является применение минеральных удобрений, что достаточно наглядно демонстрируют результаты анализа таблицы 3.

Таблица 2. Изменение структурно-агрегатного состава почвы (сухой рассев) под влиянием различных систем ее обработки и удобрений после уборки яровой пшеницы

Table 2. Changes in the structural and aggregate composition of soil (dry sifting) under the influence of various systems of its cultivation and fertilizers after harvesting spring wheat

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Содержание фракций (%) размером (мм)							
		>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,25	<0,25	Σ10-0,25
Традиционная	Контроль	28,7	13,3	11,9	18,3	24,3	2,5	1,0	70,3
	N ₁₀	31,9	12,0	10,8	15,0	27,0	2,3	1,0	67,1
	Фон	22,8	13,0	12,5	16,4	32,5	1,6	1,2	76,1
	Фон + N ₁₀	19,0	9,1	9,2	18,5	40,0	2,9	1,9	79,7
	Фон + БП	18,8	9,1	9,4	18,0	40,4	2,9	1,4	79,8
	БП	21,9	9,9	9,6	23,2	32,4	2,0	1,1	77,1
	<i>среднее</i>	23,9	11,1	10,6	18,2	32,8	2,4	1,3	75,0
Безотвальная «глубокая»	Контроль	24,9	10,0	12,1	24,3	24,2	1,9	2,6	72,5
	N ₁₀	26,0	11,1	10,7	23,4	26,2	1,7	1,0	73,1
	Фон	21,4	10,3	10,2	18,8	36,1	2,2	1,1	77,5
	Фон + N ₁₀	22,1	9,0	9,5	22,9	33,6	2,0	1,0	77,0
	Фон + БП	21,7	8,9	9,8	23,2	33,0	2,0	1,5	76,9
	БП	23,1	9,9	9,1	17,6	36,9	2,2	1,3	75,7
	<i>среднее</i>	23,2	9,9	10,2	21,7	31,7	2,0	1,4	75,5
Безотвальная «мелкая»	Контроль	22,7	10,2	12,0	26,4	25,5	2,3	1,1	76,4
	N ₁₀	22,7	9,1	10,5	16,6	36,5	3,2	1,4	75,9
	Фон	31,5	11,9	10,6	13,6	29,1	2,4	1,3	67,6
	Фон + N ₁₀	28,8	9,2	9,9	16,5	31,8	2,7	1,2	70,1
	Фон + БП	23,4	8,8	10,5	19,5	34,3	2,6	1,0	75,7
	БП	23,2	9,2	9,6	16,8	37,1	3,0	1,2	75,7
	<i>среднее</i>	25,4	9,7	10,5	18,2	32,4	2,7	1,2	73,6
Минимальная	Контроль	20,3	10,3	10,9	20,8	33,2	3,1	1,4	78,3
	N ₁₀	21,8	11,1	11,1	22,5	30,0	2,7	0,9	77,4
	Фон	21,2	10,4	11,3	21,4	32,3	2,5	1,0	77,9
	Фон + N ₁₀	23,6	10,1	11,8	21,7	29,7	2,2	0,9	75,5
	Фон + БП	21,6	11,1	10,1	21,4	33,2	1,9	0,8	77,7
	БП	18,0	11,0	11,7	17,4	38,2	2,7	1,1	81,0
	<i>среднее</i>	21,1	10,7	11,2	20,9	32,8	2,5	1,0	78,0
Нулевая	Контроль	19,9	9,8	10,3	29,2	26,5	3,0	1,4	78,8
	N ₁₀	20,1	9,8	11,6	28,1	27,4	2,4	0,7	79,3
	Фон	25,3	11,9	11,4	22,2	26,7	1,8	0,8	74,0
	Фон + N ₁₀	28,6	10,3	12,8	20,4	25,1	2,0	0,8	70,6
	Фон + БП	15,7	9,3	11,3	29,2	31,4	1,9	1,2	83,1
	БП	18,8	8,5	10,8	29,2	30,4	1,6	0,7	80,5
	<i>среднее</i>	21,4	9,9	11,4	26,4	27,9	2,1	0,9	77,7
НСР ₀₅ фактор А		1,8	0,8	0,5	2,6	2,0	0,4	0,2	1,8
НСР ₀₅ фактор В		2,0	0,8	0,6	2,8	2,2	0,4	0,3	2,0
НСР ₀₅ факторов АВ		4,4	1,9	1,3	6,3	4,9	0,9	0,6	4,5

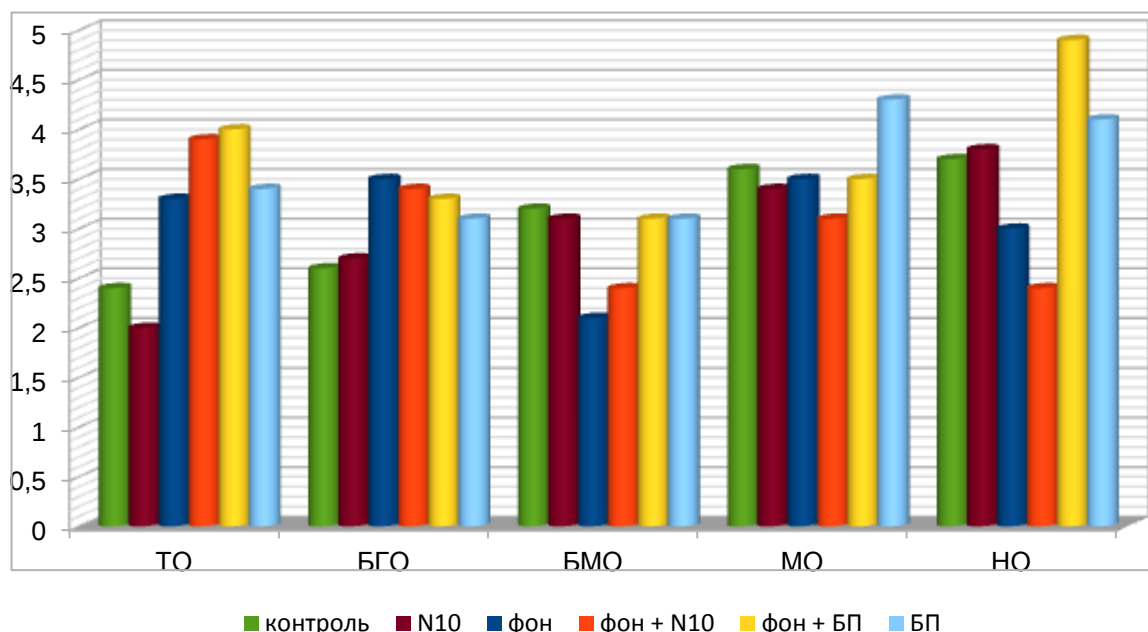


Рис. 1. Коэффициент структурности в зависимости от системы обработки почвы и удобрений
Fig. 1. Structural coefficient depending on the soil cultivation and fertilizer system

Традиционная обработка почвы с оборотом пласта и безотвальная «глубокая» позволяют получить урожай зерна на контрольном варианте 2,44 и 2,37 т/га соответственно. Внесение минеральных удобрений достоверно увеличивает показатель до уровня 2,94-3,48 т/га. При этом максимальная прибавка (по отношению к абсолютному контролю) при традиционной системе обработки почвы наблюдается на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ с применением аммиачной селитры в качестве деструктора соломы – 1,03 т/га, а при безотвальной вспашке – на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ с применением биопрепарата Стимикс®Нива (1,04 т/га).

Зяблевая обработка почвы стерновым культиватором Pottinger и дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD на варианте без внесения удобрений достоверно снижают урожайность яровой пшеницы по сравнению с традиционной вспашкой на 0,42 т/га и 0,34 т/га соответственно. Применение минеральных удобрений, как в чистом виде, так и совместно с деструкторами соломы, повышает урожайность зерна яровой пшеницы в 1,7-1,8 раза относительно контрольного варианта. Деструкторы соломы (аммиачная селитра в дозе 10 кг/т соломы и биопрепарат Стимикс®Нива) по естественному агрофону снижают урожай зерна даже в сравнении с контролем.

Таблица 3. Урожайность и содержание питательных веществ в зерне яровой пшеницы сорта Злата под влиянием систем обработок почвы, удобрений и биопрепарата

Table 3. Yield and nutrient content of spring wheat grain of the Zlata variety under the influence of soil treatment systems, fertilizers and biological products

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	± к		Содержание питательных веществ, %		
			абс. контролю	контролю	азот	фосфор	калий
1. Традиционная	Контроль	2,44	–	–	2,20	0,48	0,50
	N_{10}	2,82	+0,38	+0,38	2,26	0,45	0,46
	Фон	3,24	+0,80	+0,80	2,49	0,47	0,52
	Фон + N_{10}	3,47	+1,03	+1,03	2,58	0,47	0,50
	Фон + БП	2,94	+0,50	+0,50	2,34	0,48	0,50
	БП	1,94	–0,50	–0,50	2,12	0,47	0,50
	среднее	2,81			2,33	0,47	0,50
2. Безотвальная «глубокая»	Контроль	2,37	–0,07	–	1,97	0,46	0,51
	N_{10}	2,59	+0,15	+0,22	1,99	0,46	0,49
	Фон	3,21	+0,77	+0,84	2,31	0,46	0,52
	Фон + N_{10}	3,29	+0,85	+0,92	2,60	0,46	0,51
	Фон + БП	3,48	+1,04	+1,11	2,35	0,45	0,50
	БП	2,11	–0,33	–0,26	2,17	0,47	0,49
	среднее	2,84			2,23	0,46	0,50
3. Безотвальная «мелкая»	Контроль	2,02	–0,42	–	1,93	0,48	0,54
	N_{10}	2,11	–0,33	+0,09	1,94	0,47	0,51
	Фон	3,56	+1,12	+1,54	2,57	0,48	0,54

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	± к		Содержание питательных веществ, %		
			абс. контролю	контролю	азот	фосфор	калий
	Фон + N ₁₀	3,51	+1,07	+1,49	2,37	0,47	0,54
	Фон + БП	3,35	+0,91	+1,33	2,02	0,46	0,53
	БП	1,76	-0,68	-0,26	1,83	0,49	0,52
	среднее	2,72			2,11	0,48	0,53
4. Минимальная	Контроль	2,10	-0,34	–	2,01	0,45	0,45
	N ₁₀	2,43	-0,01	+0,33	2,12	0,46	0,49
	Фон	3,86	+1,42	+1,76	2,40	0,45	0,50
	Фон + N ₁₀	3,59	+1,15	+1,49	2,15	0,44	0,48
	Фон + БП	3,50	+1,06	+1,40	2,18	0,48	0,52
	БП	2,02	-0,42	-0,08	1,97	0,48	0,49
	среднее	2,92			2,14	0,46	0,49
5. Нулевая	Контроль	1,89	-0,55	–	2,10	0,52	0,52
	N ₁₀	2,23	-0,21	+0,34	2,14	0,49	0,49
	Фон	3,85	+1,41	+1,96	2,20	0,49	0,50
	Фон + N ₁₀	3,77	+1,33	+1,88	2,57	0,48	0,48
	Фон + БП	3,77	+1,33	+1,88	2,33	0,47	0,48
	БП	1,57	-0,87	-0,32	2,10	0,53	0,50
	среднее	2,85			2,24	0,50	0,50
НСР ₀₅	Фактор А		0,30		0,10	0,02	0,01
	Фактор В		0,32		0,11	0,02	0,02
	Фактор АВ		0,72		0,24	0,04	0,04

Особое внимание хочется уделить возделыванию яровой пшеницы по технологии прямого посева: здесь получен как минимальный урожай в опыте – 1,57 т/га (в варианте с биопрепаратом), так и максимальный – 3,85 т/га (в варианте с внесением полных минеральных удобрений в дозе 60 кг д. в./га). Это говорит о том, что даже в условиях нашей зоны при низком почвенном плодородии технология No-till при соблюдении всех агротехнических требований способна обеспечить потребности яровой пшеницы в том объеме, чтобы получить урожай на уровне и даже выше традиционной отвальной вспашки.

Отдельно стоит отметить – вариант с использованием биопрепарата для обработки растительных остатков более эффективен (по влиянию на урожайность зерна) на минеральном фоне, чем в чистом виде вне зависимости от вида обработки почвы.

Оценивая в целом химический состав зерна, можно отметить, что доля азота составляет в пределах 1,83-2,60 %, а фосфора и калия – по 0,45-0,54 % (табл. 3).

Влияние систем обработок светло-серой лесной почвы на содержание элементов питания в основной продукции яровой пшеницы проявилось следующим образом: лучшему накоплению азота в зерне способствовала традиционная отвальная обработка почвы (2,33 %) за счет более равномерного распределения внесенных удобрений по пахотному слою. По другим технологиям основной обработки почвы отмечается тенденция к постепенному снижению его количества в зерне, достигая своего минимума по безотвальной «мелкой» обработке (2,11 %). На накопление фосфора и калия в зерне яровой пшеницы изучаемые обработки не оказали значительного влияния.

Роль минеральных и биоудобрений также была более значимой в накоплении азота в зерне.

Наибольшим количеством характеризуются варианты с применением фоновых удобрений (2,31-2,60 %), а наименьшим – вариант без внесения удобрений и с применением деструкторов соломы (1,83-2,26 %).

Выводы.

Величина плотности пахотного слоя светло-серой лесной почвы в начале вегетации яровой пшеницы была выше оптимальных значений независимо от способа обработки почвы. Применение минимальной обработки почвы дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD обеспечивало формирование более благоприятного режима сложения верхнего слоя почвы 0-10 см (1,29 г/см³). К моменту уборки яровой пшеницы по всем вариантам механической обработки отмечается разуплотнение почвы в слое 0-10 см (на 0,02-0,05 г/см³). Безотвальная «мелкая» и минимальная обработки обеспечивают наименьшую плотность сложения как в слое 0-10 см (1,27 и 1,29 г/см³), так и в слое 10-20 см (1,41 и 1,42 г/см³ соответственно) по сравнению с другими ресурсосберегающими технологиями.

Наименьшее количество агрономически ценных агрегатов (73,6 %) с увеличением глыбистой фракции (25,4 %) отмечается в варианте безотвальной «мелкой» обработки, где коэффициент структурности составил 2,8. Использование в качестве орудия основной обработки почвы дисковой бороны ХМ 44660 NOTHAD и применение «прямого» посева улучшают структурно-агрегатное состояние светло-серой лесной почвы ($K_C = 3,6$ и $3,7$ соответственно).

На светло-серой лесной почве Нижегородской области в условиях вегетационного периода 2023 года наибольшую урожайность зерна яровой пшеницы сорта Злата обеспечивают ее возделывание по минимальной и нулевой технологии с внесением фоновых минеральных удобрений, как в чистом виде, так и совместно деструкторами соломы – 3,59-3,86 т/га. Возделывание яровой пшеницы по менее

ресурсосберегающим технологиям приводит к естественному агрофону снижает урожай зерна даже в достоверному снижению урожайности зерна, достигая сравнении с контролем по всем изучаемым системам своего минимума по отвальной и безотвальной обработки почвы. вспашке. Деструктор соломы Стимикс®Нива по

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрофизическое состояние чернозема типичного в зависимости от способа основной обработки почвы под яровой ячмень / Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик, А. Н. Морозов, А. В. Шумаков // Плодородие. – 2023. – № 3. – С. 19-23. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54020604> (дата обращения : 20.05.2025).
2. Агрохимическое обоснование последствий различных видов соломы на продуктивность кукурузы / К. М. Павлова, Д. В. Виноградов, А. В. Березнов, М. А. Габибов // Плодородие. – 2023. – № 6. – С. 12-14. – URL: <http://www.plodorodie-j.ru/downloadpdf?&pid=4318> (дата обращения : 20.05.2025).
3. Влияние обработки почвы и минеральных удобрений на агрофизические свойства чернозема типичного / Г. Н. Черкасов, Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик, С. И. Казанцев // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 5. – С. 39-41. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obrabotki-pochvy-i-mineralnyh-udobreniy-na-agrofizicheskie-svoystva-chnozema-tipichnogo> (дата обращения : 20.05.2025).
4. Габибов М. А. Агроэкологические приемы повышения продуктивности севооборота / М. А. Габибов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2. – С.40-44. – URL: <https://tucont.ru/efd/623399> (дата обращения : 20.05.2025).
5. Использование соломы и стоков животноводческих комплексов при возделывании зерновых культур / С. А. Новиков, В. А. Шевченко, А. М. Соловьев, И. П. Фирсов // Плодородие. – 2014. – № 5. – С. 32-34. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solomy-i-stokov-zhivotnovodcheskih-kompleksov-pri-vozdelivanii-zernovykh-kulturn> (дата обращения : 20.05.2025).
6. Оценка изменения плодородия чернозема выщелоченного Краснодарского края в зависимости от систем основной обработки почвы / П. П. Васюков, Г. М. Лесовая, Г. В. Чуварлеева [и др.] // Плодородие. – 2018. – № 3. – С. 17-19. – URL: <http://www.plodorodie-j.ru/journal/2018/3-2018/2018-3-17-20.html> (дата обращения : 20.05.2025).
7. Перфильев, Н. В. Трансформация структурного состояния почвенных горизонтов темно-серой лесной почвы при различных системах обработки / Н. В. Перфильев, О. А. Вьюшина // Плодородие. – 2024. – № 3. – С. 25-30. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-strukturnogo-sostoyaniya-pochvennyh-gorizontov-temno-seroy-lesnoy-pochvy-pri-razlichnyh-sistemah-obrabotki> (дата обращения : 20.05.2025).
8. Поляков, Д. Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта / Д. Г. Поляков, Ф. Г. Бакиров // Земледелие. – 2020. – №1. – С. 3-7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskaya-mulcha-i-no-till-v-zemledelii-obzor-zarubezhnogo-opyta> (дата обращения : 20.05.2025).
9. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации: монография / И. А. Шилников, В. Г. Сычов, А. Х. Шеуджен [и др.]. – Москва : Изд-во ВНИИА, 2012. – 351 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25515881> (дата обращения : 20.05.2025).
10. Самофалова, И. А. Влияние способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистого почвы в Нечерноземной зоне / И. А. Самофалова, // Земледелие. – 2019. – № 1. – С. 24-28. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sposobov-osnovnoy-obrabotki-na-strukturno-agregatnyy-sostav-derново-podzolistoy-pochvy-v-nechernozemnoy-zone> (дата обращения : 20.05.2025).
11. Чернов, О. С. Влияние систем обработки на агрофизические показатели серой лесной почвы и урожайности культур / О. С. Чернов. Текст : электронный // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1. – С. 12-17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sistem-obrabotki-na-agrofizicheskie-pokazateli-seroy-lesnoy-pochvy-i-urozhaynost-kulturn> (дата обращения : 20.05.2025).
12. Черногаев, В. Г. Сравнительный анализ эффективности применения различных способов обработки почвы в системе ресурсосберегающих технологий земледелия / В. Г. Черногаев, В. А. Свирина // Аграрная наука. – 2020. – № 11. – С. 105-107. – URL: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/1397> (дата обращения : 20.05.2025).
13. Щур, А. В. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7. – С. 45-49. – URL: <http://e.biblio.bru.by/handle/1212121212/17787?show=full> (дата обращения : 20.05.2025).
14. Kuntal M. Hatiab Pramod Jhaab, Ram C. Dalala, Somasundaram Jayaramand Yash P. danga Peter M. Kopitkea gunnar Kirchhofa Neal W. Menzies. 50 years of continuous no-tillage, stubble retentijn fnd nitrogen fertilization enhanced macro-aggregate formation and stabilisation in a Vertisol // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 214, 105163. – URL: <https://www.sciencegate.app/document/10.1016/j.still.2021.105163> (дата обращения : 20.05.2025).
15. Pronin D. Einflussunterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren auf die vertikale Differenzierung von Bodenkennwerten auf lehmigem Sand (Brandenburg) und auf schwarzerde (Novosibirsk) sowie auf ausgewählte Pflanzenmerkmale. Aachen: Shaker Verlag, 2003. P. 88-90. Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/strukturnoe-sostoyanie-pahotnyh-seryh-lesnyh-pochv-vladimirskogo-opolya-pri-razlichnyh-sposobah-obrabotki> (дата обращения : 20.05.2025).

REFERENCES

1. Agrofizicheskoe sostoyanie chernozema tipichnogo v zavisimosti ot sposoba osnovnoj obrabotki pochvy pod yarovoj yachmen' / E. V. Dubovik, D. V. Dubovik, A. N. Morozov, A. V. Shumakov // Plodorodie. – 2023. – № 3. – S. 19-23. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54020604> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
2. Agrokhimicheskoe obosnovanie posledejstviya razlichnykh vidov solomy na produktivnost' kukuruzy / K. M. Pavlova, D. V. Vinogradov, A. V. Bereznov, M. A. Gabibov // Plodorodie. – 2023. – № 6. – S. 12-14. – URL: <http://www.plodorodie-j.ru/downloadpdf?&pid=4318> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
3. Vliyanie obrabotki pochvy i mineral'nykh udobrenij na agrofizicheskie svoystva chernozema tipichnogo / G. N. Cherkasov, E. V. Dubovik, D. V. Dubovik, S. I. Kazancev // Vestnik kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii. – 2011. – № 5. – S. 39-41. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obrabotki-pochvy-i-mineralnyh-udobreniy-na-agrofizicheskie-svoystva-chernozema-tipichnogo> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
4. Gabibov M. A. Agroekologicheskie priemy povysheniya produktivnosti sevooborota / M. A. Gabibov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 2. – S.40-44. – URL: <https://rucont.ru/efd/623399> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
5. Ispolzovanie solomy i stokov zhivotnovodcheskikh kompleksov pri vozdeystvii zernovykh kul'tur / S. A. Novikov, V. A. Shevchenko, A. M. Solov'ev, I. P. Firsov // Plodorodie. – 2014. – № 5. – S. 32-34. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solomy-i-stokov-zhivotnovodcheskikh-kompleksov-pri-vozdeystvii-zernovykh-kulturn> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
6. Ocenka izmeneniya plodorodiya chernozema vyshchelochennogo krasnodarskogo kraja v zavisimosti ot sistem osnovnoj obrabotki pochvy / P. P. Vasyukov, G. M. Lesovaya, G. V. Chuvarleeva [i dr.] // Plodorodie. – 2018. – № 3. – S. 17-19. – URL: <http://www.plodorodie-j.ru/journal/2018/3-2018/2018-3-17-20.html> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
7. Perfil'ev, N. V. Transformatsiya strukturnogo sostoyaniya pochvennykh gorizontov temno-seroy lesnoj pochvy pri razlichnykh sistemakh obrabotki / N. V. Perfil'ev, O. A. V'yushina // Plodorodie. – 2024. – № 3. – S. 25-30. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-strukturnogo-sostoyaniya-pochvennykh-gorizontov-temno-seroy-lesnoj-pochvy-pri-razlichnykh-sistemakh-obrabotki> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
8. Polyakov, D. G. Organicheskaya mul'cha i No-till v zemledelii: obzor zarubezhnogo opyta / D. G. Polyakov, F. G. Bakirov // Zemledelie. – 2020. – №1. – S. 3-7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskaya-mulcha-i-no-till-v-zemledelii-obzor-zarubezhnogo-opyta> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
9. Poteri ehlementov pitaniya rastenij v agrobiogeokhimicheskom krugovorote veshchestv i sposoby ikh minimizatsii: monografiya / I. A. Shilnikov, V. G. Sychoy, A. KH. Sheudzhn [i dr.]. – Moskva : Izd-vo VNIIA, 2012. – 351 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25515881> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
10. Samofalova, I. A. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki pochvy na strukturno-agregatnyj sostav dernovo-podzolistoy pochvy v Nechernozemnoy zone / I. A. Samofalova, // Zemledelie. – 2019. – № 1. – S. 24-28. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sposobov-osnovnoj-obrabotki-na-strukturno-agregatnyj-sostav-dernovo-podzolistoy-pochvy-v-nechernozemnoy-zone> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
11. Chernov, O. S. Vliyanie sistem obrabotki na agrofizicheskie pokazateli seroy lesnoj pochvy i urozhaynost' kul'tur / O. S. Chernov. Tekst : ehlektronnyj // Vladimirskij zemledec. – 2020. – № 1. – S. 12-17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sistem-obrabotki-na-agrofizicheskie-pokazateli-seroy-lesnoj-pochvy-i-urozhaynost-kulturn> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
12. Chernogaev, V. G. Sravnitel'nyj analiz ehffektivnosti primeneniya razlichnykh sposobov obrabotki pochvy v sisteme resursosberegayushchikh tekhnologij zemledeliya / V. G. Chernogaev, V. A. Svirina // Agrarnaya nauka. – 2020. – № 11. – S. 105-107. – URL: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/1397> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
13. Shchur, A. V. Cellyulozoliticheskaya aktivnost' pochv pri razlichnykh urovn'yakh agrotekhnicheskogo vozdeystviya / A. V. Shchur, D. V. Vinogradov, V. P. Val'ko // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 7. – S. 45-49. – URL: <http://e.biblio.bru.by/handle/1212121212/17787?show=full> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
14. Kuntal M. Hatiab Pramod Jhaab, Ram C. Dalala, Somasundaram Jayaramand Yash P. danga Peter M. Kopitkea gunnar Kirchhofa Neal W. Menzies. 50 years of continuous no-tillage, stubble retentijn fnd nitrogen fertilization enhanced macro-aggregate formation and stabilisation in a Vertisol // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 214, 105163. – URL: <https://www.sciencegate.app/document/10.1016/j.still.2021.105163> (data obrashcheniya : 20.05.2025).
15. Pronin D. Einflussunterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren auf die vertikale Differenzierung von Bodenkennwerten auf lehmigem Sand (Brandenburg) und auf schwarzerde (Novosibirsk) sowie auf ausgewählte Pflanzenmerkmale. Aachen: Shaker Verlag, 2003. P. 88-90. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/strukturnoe-sostoyanie-pahotnyh-seryh-lesnyh-pochv-vladimirskogo-opolya-pri-razlichnyh-sposobah-obrabotki> (data obrashcheniya : 20.05.2025).

Информация об авторах

1. **Богомолова Юлия Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Нижегородский НИИСХ – отдел ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия.

2. **Ивенин Алексей Валентинович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Нижегородский НИИСХ – отдел ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ, профессор кафедры земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия.

3. **Ивенин Валентин Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия.

4. **Голубев Сергей Михайлович**, аспирант кафедры земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия.

Information about authors

1. **Bogomolova Yulia Alexandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agricultural Sciences – Department of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia.

2. **Ivenin Alexey Valentinovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agricultural Sciences – Department of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia.

3. **Ivenin Valentin Vasilyevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia.

4. **Golubev Sergey Mikhailovich**, Postgraduate student of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia.

Вклад авторов

Богомолова Ю. А. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Ивенин А. В. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Ивенин В. В. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Голубев С. М. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Bogomolova Yu. A. – definition of the purpose of research, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Ivenin A. V. – definition of the research goal, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Ivenin V. V. – definition of the research goal, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Golubev S. M. – definition of the research purpose, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 03.03.2025. Одобрена после рецензирования 07.05.2025. Дата опубликования 27.06.2025.

The article was received by the editorial office on 03.03.2025. Approved after review on 07.05.2025. Date of publication: 27.06.2025.