АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.43:631.417.7

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-195-212

Влияние внесения средств защиты и биологически активного препарата на агрофизические свойства чернозема обыкновенного карбонатного в условиях стационарного опыта

Владимир Анатольевич Лыхман¹, Марина Николаевна Дубинина²,
Ольга Степановна Безуглова³, Ольга Ивановна Наими⁴,
Елена Александровна Полиенко⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет,
Российская Федерация

¹lykvladimir@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3855-0070>

²dubinina-marina@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4305-635X>

³lola314@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4180-4008>

⁴o.naimi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8742-9528>

⁵polienkoe468@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7553-9412>

Аннотация. **Цель:** исследование влияния гуминового препарата и средств защиты растений на содержание агрономически ценных фракций агрегатов, их водопрочность и общее содержание углеводов. **Материалы и методы.** Эксперимент организован на черноземе обыкновенном карбонатном стационара Федерального Ростовского аграрного научного центра. Почвенные образцы проанализированы методом сухого и мокрого просеивания, оценка проведена по величине коэффициентов структурности, водопрочности агрегатов и критерию АФИ, содержание общих углеводов определено в агрономически ценных фракциях методом Дюбуа. **Результаты.** По коэффициенту структурности при сравнении с контролем достоверная разница отмечена в 2018 г. при внесении гуминового препарата совместно со средствами защиты ($\Delta = +0,65$), в 2019 г. в варианте с гуминовым препаратом $\Delta = +4,23$, в 2020 г. результаты аналогичны. Динамика содержания водопрочных агрегатов имела похожий характер: обработка посевов гуминовым препаратом дала по сравнению с контролем прирост количества агрономически ценных агрегатов: в 2018 г. $\Delta = +5,81$ %, в 2019 г. $\Delta = +21,3$ %. В 2020 г. прибавка получена в варианте с гуминовым препаратом и при совместном внесении с пестицидами: +12,05 и +18,1 % соответственно. Критерий водопрочности агрегатов (критерий АФИ) показал наличие достоверной разницы с контролем в варианте применения пестицидов и гумата ($\Delta = +20,59$ %). В варианте с пестицидами снижение критерия АФИ недостоверно. В 2020 г. после обработки препаратами содержание углеводов в структурных отдельностях варьировало от 0,86 до 1,05 %, в сравнении с контролем наблюдалась достоверная разница: соответственно $\Delta = +0,08$ % и $\Delta = +0,06$ % в вариантах с гуматом и гуматом с пестицидами. **Выводы.** Гуминовый препарат положительно влияет на структурно-агрегатный состав, возрастает водопрочность почвенных отдельностей.

Ключевые слова: гуминовый препарат, агрономически ценные агрегаты, углеводы, водопрочная структура, коэффициент водопрочности, коэффициент структурности

Для цитирования: Влияние внесения средств защиты и биологически активного препарата на агрофизические свойства чернозема обыкновенного карбонатного в условиях стационарного опыта / В. А. Лыхман, М. Н. Дубинина, О. С. Безуглова, Наими О. И., Полиенко Е. А., 2022

О. И. Наими, Е. А. Полиенко // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 195–212.
<https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-1-195-212>.

AGROPHYSICS

Original article

Effect of application of plant protection agents and a biologically active preparation on agrophysical properties of ordinary carbonate chernozem in stationary experiment

Vladimir A. Lykhman¹, Marina N. Dubinina², Olga S. Bezuglova³,
Olga I. Naimi⁴, Elena A. Polienko⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation

¹lykvladimir@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3855-0070>

²dubinina-marina@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4305-635X>

³lola314@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4180-4008>

⁴o.naimi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8742-9528>

⁵polienkoe468@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7553-9412>

Abstract. Purpose: to study the effect of a humic preparation and plant protection agents on the content of agronomically valuable aggregate fractions, their water stability and total carbohydrate content. **Materials and methods.** The experiment was carried out on ordinary carbonate chernozem at Federal Rostov Agricultural Research Centre station. Soil samples were analyzed by the method of dry and wet sieving, the assessment was carried out according to the value of structure coefficients, aggregate water stability and the API criterion, the content of total carbohydrates was determined in agronomically valuable fractions by Dubois method. **Results.** In terms of the structure coefficient, when compared with the control, a significant difference was noted in 2018 when a humic preparation was applied together with protective agents ($\Delta = +0.65$), in 2019 in the variant with a humic preparation ($\Delta = +4.23$), in 2020 the results were similar. The dynamics of water-stable aggregate content had a similar character: the treatment of crops with a humic preparation gave an increase in the number of agronomically valuable aggregates, in comparison with the control: in 2018, $\Delta = +5.81\%$, in 2019 $\Delta = +21.3\%$. In 2020, an increase was obtained in the variant with a humic preparation and when applied together with pesticides: $+12.05$ and $+18.1\%$, respectively. The water stable criterion (the API criterion) showed significant difference with the control in the variant of using pesticides and humate ($\Delta = +20.59\%$). In the variant with pesticides, the decrease in the API criterion is insignificant. In 2020, after treatment with the preparations, the content of carbohydrates in the structural separates varied from 0.86 to 1.05% ; in comparison with the control, a significant difference was observed: respectively, $\Delta = +0.08\%$ and $\Delta = +0.06\%$ in the variant with humate and humate with pesticides. **Conclusions.** The humic preparation has a positive effect on the structural and aggregate composition, and the water stability of soil separates increases.

Keywords: humic preparation, agronomically valuable aggregates, carbohydrates, water-stable structure, water stability coefficient, structure coefficient

For citation: Dubinina M. N., Lykhman V. A., Bezuglova O. S., Naimi O. I., Polienko E. A. Effect of application of plant protection agents and a biologically active preparation on agrophysical properties of ordinary carbonate chernozem in stationary experiment error. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(1):195–212. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-1-195-212>.

Введение. Положительное влияние агрегирования почв на их агрофизические свойства и урожай сельскохозяйственных растений преимущественно связывают с распределением агрегатов по размерам и их устойчивостью в отношении размывающего действия воды [1]. Структура почв рассматривается как физическое строение вещества почвы, обусловленное размером, формой, количественным соотношением, характером взаимосвязи и расположением элементарных почвенных частиц и состоящих из них агрегатов [2]. Такое определение дает возможность объяснить причины возникновения важных в практическом отношении структурно-функциональных физических свойств почв и указать пути их изменения в заданном направлении. В этом контексте актуальным является исследование некоторых свойств гуминовых веществ в части агрофизических характеристик почвы. Согласно многочисленным исследованиям, гуминовые вещества влияют на образование почвенной структуры. Наиболее заметно данная особенность прослеживается в почве, содержащей высокие концентрации кальция, при значениях реакции среды, близкой к нейтральной, так как эти условия необходимы для связывания механических частиц почвы при помощи органоминеральных мостиков между микроагрегатами [3, 4].

Материалы и методы исследования. Место проведения полевых опытов – Аксайский район Ростовской области, ФГБНУ ФРАНЦ, поле № 73. Данный регион относится к Приазовской сельскохозяйственной зоне. Климат Приазовской зоны засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Относительная влажность воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Наименьшие ее значения отмечаются в июле (50–60 %), минимальные в отдельные дни могут составлять 25–30 % и ниже, что уже свидетельствует о засухе. Приход ФАР за вегетацию 3,5–4,0 млрд ккал/га.

В период проведения полевого опыта 2017–2020 гг. сложились следующие погодно-климатические условия. Осенне-зимний период в течение 3 лет по температурно-влажностному режиму был близок к многолетним

средним данным. Возобновление весенней вегетации 2017–2018 гг. ознаменовалось гораздо меньшим количеством осадков по сравнению с многолетними данными, примерно настолько же сухим выдался и весенний период 2019–2020 гг., и только на май 2019 г. пришлось довольно значительное количество осадков – порядка 65–70 мм. Хотя по сравнению со средними многолетними значениями количество осадков в исследуемый период полевого опыта распределено крайне неравномерно, в среднем за период оно почти в 1,5 раза ниже среднего многолетнего, что на фоне повышенных средних температур приводит к недостатку почвенной влаги в течение всего вегетационного периода, это может иметь решающее значение при формировании урожая. В целом рассматриваемую сельскохозяйственную зону в период исследования по значению гидротермического коэффициента (ГТК) следует отнести к засушливой, ГТК за период 2017–2018 гг. равен 0,3, за период 2018–2019 гг. – 0,7, за период 2019–2020 гг. – 0,42.

Почва – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках (североприазовский), по классификации почв России (2004) – чернозем миграционно-сегрегационный. Характеристика почвы: мощность гумусового горизонта 75–100 см при невысоком содержании гумуса (3,9–4,7 %), своеобразная ореховато-комковатая структура, характеризующаяся рыхлостью и рассыпчатостью, высокий уровень карбонатности (вскипание от 10 % HCl в горизонте А), присутствие копролитов и ходов червей, слабо сцементированный характер карбонатных образований – белоглазки. Чернозем обыкновенный карбонатный хорошо оструктурен. Механические элементы его скоагулированы в прочные агрегаты, преобладающая часть которых по размеру относится к агрономически ценным фракциям – 10–0,25 мм, составляющим более 60 %. Плотность почвы в гумусовом горизонте не превышает 1,4, в пахотном слое колеблется от 1,0 до 1,2 г/см³. Пахотный слой имеет вполне удовлетворительную

пористость (50–66 % от объема почвы), обеспечивающую высокую воздухоемкость и газообмен [5].

Исследования, посвященные изучению эффективности гуминового препарата при совместном внесении со средствами защиты, проводились с озимой пшеницей сорта Донская лира. Исследуемый гуминовый препарат ВЮ-Дон 10 получают путем щелочной экстракции из вермикомпоста, который является продуктом переработки навоза (крупного рогатого скота, свиного, конского, а также птичьего помета) посредством популяции дождевых (компостных) червей вида *Eisenia foetida*. В исследованиях, посвященных изучению совместного применения пестицидов и гуминового препарата ВЮ-Дон как адаптогена, в качестве фунгицида использовался препарат Альто Супер в дозировке 0,45 л/га. Для гербицидных обработок при выращивании озимой пшеницы рекомендован препарат Гранстар Про, ВДГ в дозировке 20 г/га. В его составе присутствует трибенуронметил (химический класс сульфонилмочевины).

Отбор почвенных проб проводился согласно ГОСТ Р 58595-2019¹. Оценка структурного состояния почвы – ГОСТ 12536-2014². Для определения почвенной структуры применялось сухое и мокрое просеивание по методу Н. И. Саввинова. Также рассчитывались коэффициенты структурности и водопрочности почвенных агрегатов. Определение углеводов проводили фенолсернокислым методом Дюбуа во фракциях 3–5, 2–3, 1–2 мм, на долю которых в изучаемом черноземе приходится до 40 % всех агрегатов и до 80 % агрономически ценных отдельностей. В работе приведены результаты по фракции 3–5 мм, отличающейся высокой водопрочностью агрегатов [6, 7]. При построении диаграмм использовалась программа MS Excel.

¹ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. Введ. 2020-01-01. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.

²ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2015. 17 с.

Отбор почвенных образцов проводили из пахотного слоя до применения препаратов в фазе кущения и через две недели после внесения. На опытном участке применялись агротехнологии возделывания озимой пшеницы, рекомендованные для Приазовской зоны Ростовской области. Отбор растительных образцов с определением показателей качества проводили согласно методике ЦИНАО. Учет урожая и математическую обработку данных вели по Б. А. Доспехову [8]. Схема полевого опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Scheme of the experiment

Обозначение варианта / Designation option	Вариант / Variant	Препарат (доза внесения) / Preparation (application dose)
К / C	Контроль / Control	–
К + Г / C + H	Гуминовый препарат / Humic preparation	БИО-Дон 10 (0,3 л/га) / BIO-Don 10 (0,3 l/ha)
Х / Ch	Химическая система защиты / Chemical protection system	Гранстар Про, ВДГ – 20 г/га; Би-58 Новый, КЭ; Альто Супер, 0,45 л/га / Granstar Pro, VDG – 20 g/ha; Bi-58 Novyy, EC; Alto Super, 0.45 l/ha
Х + Г / Ch + H	Химическая система защиты + гуминовый препарат / Chemical protection system + Humic preparation	Гранстар Про, ВДГ – 20 г/га; Би-58 Новый, КЭ; Альто Супер, 0,45 л/га; БИО-Дон 10 (0,3 л/га) / Granstar Pro, VDG – 20 g/ha; Bi-58 Novyy, EC; Alto Super, 0.45 l/ha; BIO-Don 10 (0.3 l/ha)

Результаты и обсуждение. В результате 3 лет исследований было установлено, что применение гуминового препарата БИО-Дон положительно влияет на некоторые агрофизические свойства, а именно коэффициент структурности, содержание водопрочных почвенных агрегатов и критерий агрофизического института.

Согласно данным, представленным на рисунке 1, в 2017–2018 гг. до обработок коэффициент структурности варьировал от 1,5 до 3,52, однако различия между вариантами незначительны, в сравнении с контролем разница составляла от 1,24 до 0,44 ($HCp_{05} = 1,63$). Следовательно, можно

утверждать о сходных агрофизических свойствах почв на делянках в самом начале полевого эксперимента.

Рисунок 1 – Динамика коэффициента структурности в черноземе обыкновенном по вариантам опыта
Figure 1 – Dynamics of the structure coefficient in ordinary chernozem according to the experiment variants

После обработок гуминовым препаратом во всех вариантах отмечен рост коэффициента структурности. Отношение агрономически ценных к агрономически неценным почвенным фракциям в 2018 г. после обработки варьировало по вариантам от 3,99 до 4,90, однако при сравнении с контролем достоверный рост коэффициента структурности отмечается только в варианте Х + Г с химическими средствами защиты, применяемыми совместно с гуминовым препаратом ($K_{стр} = 0,65$ при $НСР_{05} = 0,29$). В варианте Х отмечено недостоверное снижение коэффициента структурности, а в варианте с гуминовым препаратом коэффициент структурности увеличился по сравнению с контролем, но на статистически незначимую величину.

В 2019 г. в связи с погодными условиями до обработки отмечалось общее снижение коэффициента структурности во всех вариантах, исследуемый показатель варьировал от 1,49 до 2,22.

При сравнении с контролем наблюдалась достоверная разница в вариантах К + Г и Х: +0,73 и +0,82 соответственно при $НСР_{05} = 0,62$. После обработки коэффициент структурности варьировал от 0,62 до 5,90, достоверная разница с контролем составила +4,23 в варианте К + Г, на уровне тенденции отмечалась положительная разница с контролем в варианте Х + Г и отрицательная разница в варианте Х (внесение химических средств защиты растений без гуминового препарата), в котором коэффициент структурности составил 0,6, что по шкале оценки структурного состояния почвы по С. И. Долгову характеризует структуру как неудовлетворительную.

В 2020 г. проводилось дисковое боронование исследуемой почвы, что привело к нивелированию ее структурного состояния: до внесения препаратов коэффициент структурности варьировал от 2,28 до 3,28. Хотя в сравнении с контролем коэффициент структурности увеличился во всех вариантах, достоверной разницы с контрольным значением не наблюдалось: варьирование разницы составляло от + 0,49 до +1,00 при $НСР_{05} = 1,37$. После внесения препаратов коэффициент структурности по вариантам изменялся от 1,76 до 4,17, достоверные положительные различия регистрировались в вариантах К + Г и Х + Г (2,41 и 2,20 соответственно при $НСР_{05} = 2,19$).

В коагуляционной теории образования структуры почвы особая роль отводится клеящим свойствам гуминовых веществ, в то же время гуминовые соединения, обладая биостимулирующими качествами, повышают микробиологическую активность, что, в свою очередь, становится причиной появления в среде специфических органических соединений с адгезивными качествами [9, 10].

На рисунке 2 представлены данные мокрого просеивания по годам исследования.

Рисунок 2 – Динамика содержания водопрочных агрегатов в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта
Figure 2 – Dynamics of content of water-stable aggregates in ordinary carbonate chernozem according to the experiment variants

Согласно полученным результатам, в 2017–2018 гг. до обработки препаратами различия в процентном содержании водопрочных агрономически ценных агрегатов во всех вариантах статистически недостоверны. Исследуемый показатель варьировал от 74,34 до 77,25 %, в сравнении с контролем разница составляла от +0,14 до +2,91 при $НСР_{05} = 2,93$. Таким образом, можно утверждать об относительно одинаковых агрофизических свойствах почвы во всех вариантах полевого опыта. После внесения препаратов содержание водопрочных почвенных частиц варьировало от 79,03 до 87,16 %, при этом достоверная положительная разница отмечалась в варианте К + Г (+7,04 %). В варианте с химическими средствами защиты на уровне тенденции отмечалась отрицательная разница

с контрольным вариантом (–1,09 %). В то же время в варианте с гуминовым препаратом (X + Г) количество водопрочных агрегатов возросло на 5,81 % при $НСР_{05} = 6,84$ %.

В 2019 г. до обработки почвы препаратами содержание водопрочных агрегатов варьировало от 79,15 до 81,27 %, достоверных различий не наблюдалось: величина разницы с контролем изменялась от –0,13 до +1,99 % при $НСР_{05} = 2,08$ %. После обработок препаратами вариант К + Г показал достоверную положительную разницу +21,3 %, в то время как в вариантах X и X + Г разница в сравнении с контролем составляла –0,52 и –0,41 % соответственно. Несмотря на то, что в этих вариантах различия зарегистрированы на уровне тенденции ($НСР_{05} = 20,6$ %), в варианте X + Г разность меньше, чем в варианте с только химическими средствами защиты растений.

В 2020 г. до обработок препаратами содержание водопрочных почвенных частиц варьировало от 77,62 до 81,27 %, разница в сравнении с контролем составляла от –2,05 % в варианте с химическими средствами защиты до +1,6 % в варианте совместно с гуминовым препаратом. После обработок почвы препаратами отмечалось увеличение содержания водопрочных почвенных частиц в вариантах К + Г и X + Г на статистически значимую величину +12,05 и +18,10 % соответственно (при $НСР_{05} = 11,83$ %).

В таблице 2 представлены результаты расчета критерия АФИ (критерий водопрочности агрегатов). В 2018 г. до обработок почвы препаратами критерий АФИ варьировал от 212,65 до 268,99 %, при этом значения показателя отличались от контрольных значений на статистически недостоверные величины от –1,68 до +54,66 % (при $НСР_{05} = 67,54$ %). После обработки отмечается положительная достоверная разница в варианте X + Г +20,59 % при $НСР_{05} = 19,42$ %, при этом в варианте X регистрировалось снижение показателя на уровне тенденции на 7,66 %. По шкале оценки водопрочности агрегатов [11] состояние почвы характеризовалось как хорошее.

Таблица 2 – Влияние пестицидов и гуминового препарата на критерий АФИ в черноземе обыкновенном карбонатном
Table 2 – Influence of pesticides and a humic preparation on the API criterion in ordinary carbonate chernozem

Год / Year	Отбор образцов / Sampling	Вариант / Variant				НСР ₀₅
		К / C	К + Г / C + H	X / Ch	X + Г / Ch + H	
2018	До обработки / Before treatment	214,33	268,99	212,65	232,72	–
	Δ	–	+54,66	–1,68	+18,39	67,54
	После обработки / After treatment	119,76	127,40	112,10	140,35	–
	Δ	–	+7,64	–7,66	+20,59	19,42
2019	До обработки / Before treatment	140,78	138,27	129,16	139,26	–
	Δ	–	–2,51	–11,62	–1,52	14,35
	После обработки / After treatment	91,51	121,58	90,80	95,23	–
	Δ	–	+30,07	–0,71	+3,72	23,60
2020	До обработки / Before treatment	145,63	141,06	134,46	112,76	–
	Δ	–	–4,57	–11,17	–32,87	34,61
	После обработки / After treatment	100,30	153,42	106,23	124,46	–
	Δ	–	+53,12	+5,93	+24,16	30,19

В 2019 г. в сравнении с контролем до обработки регистрировалась отрицательная разница на уровне тенденции, варьирование происходило от –1,52 до –11,62 % при НСР₀₅ = 14,35 %. После обработки препаратами во всех вариантах, кроме К + Г, снизилась оценка по шкале водопрочности агрегатов с хорошей до удовлетворительной. В варианте К + Г отмечалась достоверная положительная разница +30,07 % при НСР₀₅ = 23,60 %.

В 2020 г. до обработки препаратами критерий АФИ варьировал от 112,76 до 141,06 %, во всех вариантах отмечалась отрицательная разница с контролем на уровне тенденции от –4,57 до –32,87 % при НСР₀₅ = 34,61 %. После обработки препаратами оценка водопрочности не изменилась, хотя в числовом выражении критерий АФИ снизился и варьировал от 100,30 до 153,42 %. Достоверная положительная разница в сравне-

нии с контролем отмечалась в варианте К + Г, она составила +53,12 % при $НСР_{05} = 30,19$ %. Сложившаяся картина коррелирует с уже имеющимися исследованиями влияния микробиологической активности на водостойчивость почвенных отдельностей [12]. Гуминовые препараты на микробиологическом и ризосферном уровне стимулируют выработку специальных амфифильных органических веществ в почвенных агрегатах преимущественно в анаэробных условиях. В ряде работ упоминаются гидрофобные составляющие органического вещества, которые влияют, в свою очередь, на образование устойчивых структурных связей и водостойчивость почвенных агрегатов [13, 14].

Неоднократно в научных трудах поднимался вопрос о тесной взаимосвязи между содержанием органического вещества и наличием в почве водопрочных структурных отдельностей [15, 16]. Специфической частью органического вещества является гумус, в состав которого входят углеводы в качестве структурных элементов гумусовых кислот, достигая 20–30 % от их общего количества. Одной из специфических функций углеводов является формирование почвенной структуры за счет образования водопрочных агрегатов и усиления их стабильности, определяемой высокой клеящей способностью микробных слизей, обусловленных различными углеводами [17, 18]. Приведенный выше тезис подтверждается результатами, указанными в таблице 3.

В 2018 г. до обработки препаратами между вариантами достоверной разницы не было, за исключением варианта Х + Г, где разница с контролем составила –0,08 % при $НСР_{05} = 0,08$ %. После обработки растений препаратами отмечались достоверные прибавки в содержании углеводов по сравнению с контролем в вариантах К + Г и Х + Г: +0,11 и +0,12 % соответственно при $НСР_{05} = 0,05$ %.

В 2019 г. после обработки наблюдалась достоверная положительная разница в сравнении с контролем в варианте Х + Г +0,05 % при $НСР_{05} =$

= 0,03 %. В 2020 г. отмечалось последствие препаратов в варианте X + Г: до обработки зафиксирована достоверная положительная разница со значением показателя на контроле +0,04 % при $HCP_{05} = 0,04$ %.

Таблица 3 – Влияние пестицидов и гуминовых препаратов на содержание углеводов в черноземе обыкновенном карбонатном
Table 3 – Influence of pesticides and humic preparations on carbohydrate content in ordinary carbonate chernozem

Год / Year	Отбор образцов / Sampling	Вариант / Variant				HCP ₀₅
		К / C	К + Г / C + H	X / Ch	X + Г / Ch + H	
2018	До обработки / Before treatment	0,74	0,77	0,72	0,66	–
	Δ	–	+0,03	–0,02	–0,08	0,08
	После обработки / After treatment	0,81	0,92	0,85	0,93	–
	Δ	–	+0,11	+0,04	+0,12	0,05
2019	До обработки / Before treatment	0,94	0,90	0,79	0,86	–
	Δ	–	–0,04	–0,15	–0,08	0,09
	После обработки / After treatment	1,19	1,20	1,17	1,24	–
	Δ	–	+0,01	–0,02	+0,05	0,03
2020	До обработки / Before treatment	0,90	0,91	0,92	0,94	–
	Δ	–	+0,01	+0,02	+0,04	0,04
	После обработки / After treatment	0,97	1,05	0,86	1,03	–
	Δ	–	+0,08	–0,11	+0,06	0,05

В 2020 г. после обработки препаратами содержание углеводов в почвенных отдельностях варьировало от 0,86 до 1,05 %, в сравнении с контролем наблюдалась достоверная положительная разница +0,08 и +0,06 % в вариантах К + Г и X + Г соответственно. При этом в варианте X отмечалась достоверная отрицательная разница в сравнении с контролем –0,11 % при $HCP_{05} = 0,05$ %.

Выводы

1 Полученные результаты позволяют говорить о положительном

влиянии гуминового препарата на коэффициент структурности и одновременном деструктивном воздействии средств химической защиты. Во всех вариантах с применением гуминового препарата отмечалась достоверная положительная разница в сравнении с контролем (в 2018 г. в варианте $X + Г + 0,65$ при $НСР_{05} = 0,29 \%$, в 2019 г. в варианте $K + Г + 4,23$ при $НСР_{05} = 2,13 \%$, в 2020 г. в вариантах $K + Г$ и $X + Г + 2,41$ и $+2,2$ соответственно при $НСР_{05} = 2,19 \%$).

2 Во всех вариантах с применением гуминового препарата отмечен рост количества водопрочных агрегатов. Достоверная положительная разница в сравнении с контролем в 2018 г. отмечена в варианте $X + Г (+5,81 \%$ при $НСР_{05} = 6,84 \%$), в 2019 г. в варианте $K + Г (+21,3 \%$ при $НСР_{05} = 20,6 \%$), в 2020 г. в вариантах $K + Г$ и $X + Г (+12,05$ и $+18,1 \%$ соответственно при $НСР_{05} = 11,83 \%$).

3 Рассматривая полученные результаты определения критерия АФИ, можно предположить, что в результате механической обработки происходит перемешивание материала нижележащего слоя, который в большинстве случаев менее оструктурен, чем верхний горизонт исследуемой почвы.

4 Внесение гуминовых препаратов косвенно влияет на активацию почвенной биоты, функционирование которой приводит к выработке углеводных соединений с адгезивными свойствами, в таких условиях формируются водопрочные почвенные агрегаты.

Список источников

1. Пегова Н. А. Влияние органического удобрения и обработки почвы в севообороте на агрегатный состав и водопрочность агрегатов пахотной дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. № 2(27). С. 48–52.
2. Soil structure as an indicator of soil functions: A review / E. Rabot, M. Wiesmeier, S. Schluter, H. J. Vogel // Geoderma. 2018. 314. P. 122–137. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.11.009.
3. Influence of humic preparations on the content of carbohydrates in structural / V. A. Lykhan, A. I. Klimenko, M. N. Dubinina, O. I. Naimi, E. A. Polienko // E3S Web Conf. Vol. 210. Innovative Technologies in Science and Education (ITSE-2020). Section: Organic Farming and Soil Management. 2020. Article number: 04005. 12 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004005>.

4. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress / O. S. Bezuglova, A. V. Gorovtsov, E. A. Polienko, V. E. Zinchenko, A. V. Grinko, V. A. Lykhan, M. N. Dubinina, A. Demidov // *Journal of Soils and Sediments*. 2019. 19. P. 2665–2675. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-02240-z>.

5. Юшкова Е. И., Павловская Н. Е., Ботуз Н. И. Рост и урожайность картофеля при обработке растений биологически активным веществом биогумуса // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. Т. 48, № 3. С. 73–76.

6. Хан Д. В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука, 1969. 140 с.

7. Турусов В. И., Дронова Н. В., Балюнова Е. А. Влияние предшественников на изменение агрофизических свойств почвы в посевах озимой пшеницы // *Плодородие*. 2021. № 4(121). С. 36–39. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.11.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

9. Адаптогенное действие гуминового препарата при возделывании озимой пшеницы / О. С. Безуглова, В. А. Лыхман, А. В. Горовцов, Е. А. Полиенко, М. Н. Дубинина // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32, № 11. С. 53–56. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11114.

10. Влияние гуминового препарата на продуктивность озимой пшеницы при возделывании на черноземе обыкновенном / В. А. Лыхман, Е. А. Полиенко, М. Н. Дубинина, О. С. Безуглова, А. В. Горовцов, П. Д. Павлов, А. В. Демидов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 5(73). С. 60–63.

11. Околелова А. А. Новый учебник по биогеохимии // *Почвоведение*. 2002. № 3. С. 379.

12. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / В. Н. Романов, В. К. Ивченко, И. О. Ильченко, М. В. Луганцева // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32, № 5. С. 32–34. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10508.

13. Soil aggregate microbial communities: Towards understanding microbiome interactions at biologically relevant scales / R. L. Wilpiseski, J. A. Aufrecht, S. T. Retterer, M. B. Sullivan, D. E. Graham, E. M. Pierce, O. D. Zablocki, A. V. Palumbo, D. A. Elias // *Applied and Environmental Microbiology*. 2019. 85(14). DOI: 10.1128/AEM.00324-19.

14. Scheffer/Schachtschabel. Soil Science. Chemical Properties and Processes / H. P. Blume, G. W. Brümmer, H. Fleige, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretzschmar, K. Stahr, B. M. Wilke. Berlin, Heidelberg: Springer, 2016. 618 p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30942-7_5.

15. Христева Л. А. Действие физиологически активных гуминовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях // *Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения*. Днепропетровск, 1973. Т. 4. С. 5–23.

16. Комиссаров И. Д., Климова А. А., Логинов Л. Ф. Влияние гуминовых препаратов на фотосинтез и дыхание растений // *Гуминовые препараты. Труды Тюменского СХИ*. Тюмень, 1971. Т. 14. С. 200–212.

17. Выбор условий для изучения влияния внутриагрегатных связей на водопрочность почвенных агрегатов / Д. И. Потапов, И. В. Горепекин, Г. Н. Федотов, В. С. Шалаев, Ю. П. Батырев // *Лесной вестник = Forestry Bulletin*. 2021. Т. 25, № 4. С. 52–58. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-4-52-58.

18. Эффективность гуминового препарата как структурообразователя при выращивании озимой пшеницы в Ростовской области / В. А. Лыхман, О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко, М. Н. Дубинина, Ю. С. Поволоцкая // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. № 4(78). С. 54–58.

References

1. Pegova N.A., 2012. *Vliyanie organicheskogo udobreniya i obrabotki pochvy v sevooborote na agregatnyy sostav i vodoprichnost' agregatov pakhotnoy dervno-podzolistoy pochvy* [Influence of organic fertilization and soil cultivation in crop rotation on the aggregate composition and water resistance of aggregates of arable sod-podzolic soil]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of European-North-East], no. 2(27), pp. 48-52. (In Russian).
2. Rabot E., Wiesmeier M., Schluter S., Vogel H.J., 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, 2018, 314, pp. 122-137, DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.11.009.
3. Lykhman V.A., Klimenko A.I., Dubinina M.N., Naimi O.I., Polienko E.A., 2020. Influence of humic preparations on the content of carbohydrates in structural. *E3S Web Conf.* Vol. 210. Innovative Technologies in Science and Education (ITSE-2020). Section: Organic Farming and Soil Management, article number: 04005, 12 p., <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004005>.
4. Bezuglova O.S., Gorovtsov A.V., Polienko E.A., Zinchenko V.E., Grinko A.V., Lykhman V.A., Dubinina M.N., Demidov A., 2019. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress. *Journal of Soils and Sediments*, 19, pp. 2665-2675, <https://doi.org/10.1007/s11368-018-02240-z>.
5. Yushkova E.I., Pavlovskaya N.E., Botuz N.I., 2013. *Rost i urozhaynost' kartofelya pri obrabotke rasteniy biologicheski aktivnym veshchestvom biogumusa* [Growth and productivity of potato after treatment of plants by biologically active substance of biohumus]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], vol. 48, no. 3, pp. 73-76. (In Russian).
6. Khan D.V., 1969. *Organo-mineral'nye soedineniya i struktura pochvy* [Organomineral compounds and soil structure]. Moscow, Nauka Publ., 140 p. (In Russian).
7. Turusov V.I., Dronova N.V., Balyunova E.A., 2021. *Vliyanie predshestvennikov na izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy v posevakh ozimoy pshenitsy* [Influence of winter wheat predecessors on shift in agrophysical soil properties]. *Plodorodie* [Fertility], no. 4(121), pp. 36-39, DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.11. (In Russian).
8. Dospekhov B.A., 1985. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Method of Field Experiment (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p. (In Russian).
9. Bezuglova O.S., Lykhman V.A., Gorovtsov A.V., Polienko E.A., Dubinina M.N., 2018. *Adaptogennoe deystvie guminovogo preparata pri vozdeleyvanii ozimoy pshenitsy* [Adaptogenic effect of humic preparation in the cultivation of winter wheat]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex], vol. 32, no. 11, pp. 53-56, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11114. (In Russian).
10. Lykhman V.A., Polienko E.A., Dubinina M.N., Bezuglova O.S., Gorovtsov A.V., Pavlov P.D., Demidov A.V., 2018. *Vliyanie guminovogo preparata na produktivnost' ozimoy pshenitsy pri vozdeleyvanii na chernozeme obyknovennom* [Effect of humic preparation on the yield of winter wheat grown on ordinary chernozem]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 5(73), pp. 60-63. (In Russian).
11. Okolelova A.A., 2002. *Novyy uchebnik po biogeokhymii* [New textbook on biogeochemistry]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 3, p. 379. (In Russian).
12. Romanov V.N., Ivchenko V.K., Ilchenko I.O., Lugantseva M.V., 2018. *Vliyanie priemov osnovnoy obrabotki pochvy v sevooborote na dinamiku vlazhnosti i agrofizicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo* [Influence of tillage methods in crop rotation on moisture dynamics and agrophysical properties of leached chernozem]. *Dostizheniya nauki i*

tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex], vol. 32, no. 5, pp. 32–34, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10508. (In Russian).

13. Wilpiseski R.L., Aufrecht J.A., Retterer S.T., Sullivan M.B., Graham D.E., Pierce E.M., Zablocki O.D., Palumbo A.V., Elias D.A., 2019. Soil aggregate microbial communities: Towards understanding microbiome interactions at biologically relevant scales. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(14), DOI: 10.1128/AEM.00324-19.

14. Blume H.P., Brümmer G.W., Fleige H., Horn R., Kandeler E., Kögel-Knabner I., Kretschmar R., Stahr K., Wilke B.M., 2016. Scheffer/Schachtschabel. *Soil Science. Chemical Properties and Processes*. Berlin, Heidelberg, Springer, 618 p., https://doi.org/10.1007/978-3-642-30942-7_5.

15. Khristeva L.A., 1973. *Deystvie fiziologicheskii aktivnykh guminovykh kislot na rasteniya pri neblagopriyatnykh vneshnikh usloviyakh* [The effect of physiologically active humic acids on plants under unfavorable external conditions]. *Guminovye udobreniya. Teoriya i praktika ikh primeneniya* [Humic Fertilizers. Theory and Application Practice]. Dnepropetrovsk, vol. 4, pp. 5–23. (In Russian).

16. Komissarov I.D., Klimova A.A., Loginov L.F., 1971. *Vliyanie guminovykh preparatov na fotosintez i dykhanie rasteniy* [Effect of humic compounds on photosynthesis and respiration of plants]. *Guminovye preparaty. Trudy Tyumenskogo SKHI* [Humic Preparations. Proc. of Tyumen Agricultural Institute]. Tyumen, vol. 14, pp. 200–212. (In Russian).

17. Potapov D.I., Gorepekin I.V., Fedotov G.N., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P., 2021. *Vybor usloviy dlya izucheniya vliyaniya vnutriagregatnykh svyazey na vodoprochnost' pochvennykh agregatov* [Selection of conditions for studying the effect of intra-aggregate connections on water stability of soil aggregates]. *Forestry Bulletin*, vol. 25, no. 4, pp. 52–58, DOI: 10.18698/2542-1468-2021-4-52-58. (In Russian).

18. Lykhman V.A., Bezuglova O.S., Polienko E.A., Dubinina M.N., Povolotskaya Yu.S., 2019. *Effektivnost' guminovogo preparata kak strukturoobrazovatelya pri vy-rashchivanii ozimoy pshenitsy v Rostovskoy oblasti* [Effectiveness of a humic preparation as a structure-forming element in winter wheat growing in Rostov region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 4(78), pp. 54–58. (In Russian).

Информация об авторах

В. А. Лыхман – старший научный сотрудник, кандидат биологических наук;

М. Н. Дубинина – научный сотрудник;

О. С. Bezuglova – главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор;

О. И. Наими – старший научный сотрудник, кандидат биологических наук;

Е. А. Полиенко – ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук.

Information about the authors

V. A. Lykhman – Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences;

M. N. Dubinina – Researcher;

O. S. Bezuglova – Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences, Professor;

O. I. Naimi – Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences;

E. A. Polienko – Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.11.2021; одобрена после рецензирования 29.12.2021; принята к публикации 18.01.2022.

The article was submitted 23.11.2021; approved after reviewing 29.12.2021; accepted for publication 18.01.2022.