

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.216-226>

УДК 633.853.494:631.861:631.445.25



Влияние птичьего помета на урожайность и структуру урожая ярового рапса

© 2024. Е. Н. Володина✉, В. И. Титова, Д. А. Кириллова

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет»,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Исследования проведены с целью выявления оптимальной дозы подстилочного сыпучего птичьего помета по влиянию на элементы структуры урожая и урожайность семян ярового рапса сорта Лунеди. Работа выполнена в 2022-2023 гг. в условиях лесостепной зоны Нижегородской области. Птичий помет сыпучий (ГОСТ 31461-2012) вносили в дозах 4, 6 и 8 т/га (контроль – без удобрений). Опыт заложен на светло-серой лесной легкосуглинистой почве с низким содержанием гумуса, нейтральной реакцией среды, высокой степенью обеспеченности подвижными формами фосфора и калия. На удобренных вариантах выявлено статистически доказуемое изменение элементов структуры урожая рапса: прирост длины плода (стручка) составил 0,40–0,67 см, массы стручка – 0,04–0,12 г, число стручков с одного растения увеличилось в 1,4–2,1 раза, число семян в стручке – на 2,5–4,6 шт., семенная продуктивность единичного растения повысилась в 1,9–3,0 раза, масса 1000 семян – на 0,66–0,94 г. При внесении птичьего помета во всех вариантах выявлено достоверное увеличение урожайности надземной фитомассы и семян, прибавка биомассы рапса составила 6,03–8,70 т/га ($HSP_{05} = 1,30$), семян – 0,94–1,26 т/га ($HSP_{05} = 0,46$). Максимальная прибавка биомассы рапса и семян (6,03 и 0,94 т/га) установлена в варианте с дозой помета 4 т/га, так как при увеличении дозы помета до 6 и 8 т/га дополнительно к минимальной дозе было получено 1,42–2,67 т/га биомассы растений и 0,22–0,32 т/га семян. Полученные результаты позволяют утверждать, что оптимальной дозой внесения птичьего помета под яровый рапс на светло-серой лесной почве является 4 т/га.

Ключевые слова: дозы, урожайность семян, *Brassica napus* L., светло-серая лесная почва

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (тема НИР в ЕГИСУ НИОКТР №122032900168-8 и №1022041100063-4-4.1.1).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Володина Е. Н., Титова В. И., Кириллова Д. А. Влияние птичьего помета на урожайность и структуру урожая ярового рапса. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(2):216–226.
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.216-226>

Поступила: 07.03.2024

Принята к публикации: 09.04.2024

Опубликована онлайн: 24.04.2024

The influence of poultry manure on the yield and crop structure of spring rapeseed

© 2024. Evgenia N. Volodina✉, Vera I. Titova, Daria A. Kirillova

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

The research was carried out to identify the optimal dose of bedding bulk poultry manure on the influence of the crop structure and the yield of spring rape seeds of Lunedi variety. The work was carried out in 2022-2023 in the forest-steppe zone of the Nizhny Novgorod region. Poultry manure loose (GOST 31461-2012) was applied in doses of 4, 6 and 8 t/ha (control - without fertilizers). The experiment was conducted on light gray forest loamy soil with low humus content, neutral reaction and mobile forms of phosphorus and potassium. Statistically proven changes in the structure of rape yield were noticed on the manured variants: the increase in length of the fruit (pod) was 0.40–0.67 cm, in pod weight – 0.04–0.12 g, the number of pods per plant increased by 1.4–2.1 times, the number of seeds in a pod increased by 2.5–4.6 seeds, seed productivity of a single plant increased by 1.9–3.0 times, the weight of 1000 seeds exceeded by 0.66–0.94 g. The application of poultry manure on all variants revealed a reliable increase in the yield of above-ground phytomass and seeds, the increase in rape biomass was 6.03–8.70 t/ha ($LSD_{05} = 1.30$), seeds – 0.94–1.26 t/ha ($LSD_{05} = 0.46$). The maximum increase in the biomass of rapeseed and seeds (6.03 and 0.94 t/ha) was established in the variant with a manure dose of 4 t/ha, since with an increase in the manure dose (6 and 8 t/ha) in excess of the minimum increase by 1.42–2.67 t/ha of plant biomass and 0.22–0.32 t/ha of seeds. The obtained results suggest that the optimum dose of poultry manure application to spring rapeseed on light grey forest soil (Alfisol) is 4 t/ha.

Keywords: doses, seed yield, *Brassica napus* L., light gray forest soil

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (research topic in the EGISU R&D No. 122032900168-8 and No. 1022041100063-4-4.1.1).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest

For citation: Volodina E. N., Titova V. I., Kirillova D. A. The influence of poultry manure on the yield and crop structure of spring rapeseed. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(2):216–226. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.216-226>

Received: 07.03.2024

Accepted for publication: 09.04.2024

Published online: 24.04.2024

В связи с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации и в соответствии со Стратегией повышения качества пищевой продукции до 2030 года¹ перед сельским хозяйством поставлены приоритетные задачи, в том числе по увеличению объемов производства масличных культур [1]. Одной из таких культур, возделывание которой стало весьма перспективным направлением, является яровой рапс. Благодаря своей многофункциональности – использование рапса при производстве биотоплива и пищевых масел, кормов для животных – ежегодно в структуре севооборотов наблюдается увеличение посевных площадей культуры [2, 3].

Длительное время в нашей стране рапс возделывался в регионах Сибири, где наиболее оптимальные условия для его выращивания, но из-за высокого спроса на эту культуру отмечается рост посевных площадей и в Центральной части России. Согласно данным сайта Федеральной службы государственной статистики, в Нижегородской области в 2022 году посевные площади, занятые рапсом, достигли 15,8 тыс. га, составив 25,4 % в структуре посевных площадей технических культур².

Несмотря на то, что рапс является высококорентабельной культурой, и многие агропредприятия включают его в структуру севооборотов, необходимо четко понимать, что эта культура сложна в возделывании, выносит много питательных веществ из почвы и очень требовательна к плодородию. В этой связи объясним интерес к введению в систему удобрения этой культуры не только минеральных, но и органических удобрений.

Отходы птицеводства являются ценным органическим удобрением, применение которого оказывает комплексное действие на почву и растительную продукцию³ [4, 5]. Птичий помет характеризуется максимально высоким содержанием питательных веществ относительно других видов органических удобрений

[6, 7]. Исходя из этого, целесообразность внесения отходов птицеводства в качестве органического удобрения не вызывает сомнения. Однако, стремясь к достижению агрономического эффекта от их применения, необходимо исключить возможность его негативного воздействия на окружающую среду [8, 9]. Поэтому особенно важным является использование органосодержащих отходов в качестве органических удобрений в зоне локализации крупных птицеводческих предприятий, так как биологизация агротехнологий является одной из составляющих устойчивого развития агропромышленного комплекса при переходе к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству.

Цель исследования – изучить влияние разных доз подстилочного сыпучего птичьего помета на урожайность ярового рапса, элементы структуры урожая и выявить оптимальные.

Новизна исследований – впервые в условиях Нижегородской области на светло-серых лесных легкосуглинистых почвах проведена оценка влияния разных доз подстилочного птичьего помета на урожайность и структуру урожая ярового рапса.

Материал и методы. Мелкоделяночный полевой опыт по применению различных доз птичьего помета в посевах ярового рапса был заложен в 2022 и 2023 гг. на территории экспериментальной площадки кафедры «Агрохимия и агроэкология» ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ. Объект исследования – яровой рапс сорта Лунеди. Почва опытного участка – светло-серая лесная легкосуглинистая со следующей агрохимической характеристикой: pH – 6,5-6,6 (определяли потенциометрическим методом ГОСТ 26483-85⁵), содержание гумуса в почве – 1,23–1,73 % (по методу И. В. Тюрина в модификации Б. А. Никитина⁴), подвижных форм фосфора и калия – 388–384 и 190–248 мг/кг почвы соответственно (по методу Кирсанова, ГОСТ Р 54650-2011⁶), степень насыщенности

¹Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 N 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». [Электронный ресурс].

URL: <http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOPqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qlo.pdf> (дата обращения: 26.02.2024).

²Посевные площади Российской Федерации в 2022 году. [Электронный ресурс].

URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Posev_2022.xlsx (дата обращения: 01.03.2024).

³Титова В. И. Агрохимия – 2021: учебное пособие. Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2021. 208 с.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47208549> EDN: LNJTAJ

⁴Никитин Б. А. Методика определения содержания гумуса в почве. Агрохимия. 1972;(3):123–125.

⁵ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 4 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/738/4294827946.pdf>

⁶ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/32d/4293788445.pdf>

основаниями составляет 96 % (расчетным методом⁷, ГОСТ 27593-88⁸).

В опыте использовали птичий помёт, полученный при напольном содержании кур на опилках, после 3–6-месячного выдерживания в хранилище одной из крупных птицефабрик Нижегородской области. Помет содержит N 3,6 %, P₂O₅ – 4,3 %, K₂O – 3,9 % в расчете на сухое вещество, массовая доля влаги в помете – 56,5 %. Согласно ГОСТ 31461-2012⁹, такой помет классифицируется как подстилочный сыпучий, который в дальнейшем обозначен нами как ПП-С.

Содержание азота в помете определяли по ГОСТ 26715-85 п.1¹⁰, фосфора – ГОСТ 26717-85¹¹, калия – ГОСТ 26718-85¹², влаги – ГОСТ 26713-85¹³.

Опыт заложен в 3-кратной повторности по следующей схеме:

1. Контроль без внесения удобрений.
 2. Птичий помет, 4 т/га (ПП-С-4).
 3. Птичий помет, 6 т/га (ПП-С-6).
 4. Птичий помет, 8 т/га (ПП-С-8).
- Площадь делянки составила 1,5 м².

Удобрения вносили весной до посева рапса, вручную, с последующей заделкой на глубину 12–15 см. Предшествующая культура – яровая пшеница.

Сев рапса в 2022 году проводили в середине второй декады мая, в 2023 году – на неделю позднее (в начале третьей декады) на глубину 2 см с междурядьем 15 см и нормой высева 7 кг/га.

В целом погодные условия 2022 года сложились неустойчивыми на протяжении всего вегетационного периода – в мае и июне температура воздуха была несколько ниже среднеемноголетних значений, в июле отмечено рекордное количество осадков при весьма

теплой погоде, август – теплый и сухой (рис. 1). Весенне-летний период 2023 года был преимущественно теплым, за исключением прохладного июня, количество осадков во все периоды выпало меньше среднеемноголетних значений, кроме июля (более 120 мм).

Яровой рапс весьма требователен к наличию влаги в почве, поэтому различия по количеству осадков в фазы «прорастание» и «бутонизация» (май-июнь 2022-2023 гг.) отразились в дальнейшем на прохождении фаз роста и развития культуры в опыте. В июле-начале августа 2022 года гидротермические условия в фазы «цветение» и «налив семян» ярового рапса были более оптимальными в сравнении с 2023 годом, так как в этот период весьма важным является достаточное количество влаги при температуре 23–25 °С.

Урожай рапса ярового убирали в августе вручную при благоприятных погодных условиях: в 2022 году – в середине второй декады, в 2023 году – в начале третьей декады. Опыт проводили в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова¹⁴, анализ структуры урожая рапса выполнен по методике государственного сортоиспытания¹⁵, результаты исследований статистически обработали методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы MS Excel. Результаты изучения считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Основная цель данного опыта – изучение влияния сыпучего птичьего помета на формирование семян рапса. Так как плоды (стручки) являются важным элементом производственного процесса, оценили воздействие различных доз помета на изменение их длины и массы (рис. 2).

⁷Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

⁸ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. М.: Государственный комитет СССР по стандартам 2008. 11 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/22/2224.pdf>

⁹ГОСТ 31461-2012. Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2020 8 с. URL: https://rshn32.ru/files/npa/GOST_31461-2012_pomet.pdf

¹⁰ГОСТ 26715-85. Удобрения органические. Методы определения общего азота. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. 12 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/30a/4294827739.pdf>

¹¹ГОСТ 26717-85. Удобрения органические. Методы определения общего фосфора. М.: Государственный комитет СССР по стандартам 1986. 6 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/1/4294827/4294827737.pdf>

¹²ГОСТ 26718-85. Удобрения органические. Методы определения общего калия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. 4 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/1/4294827/4294827736.pdf>

¹³ГОСТ 26713-85. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. 6 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/1/4294827/4294827736.pdf>

¹⁴Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

¹⁵Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. С.194.

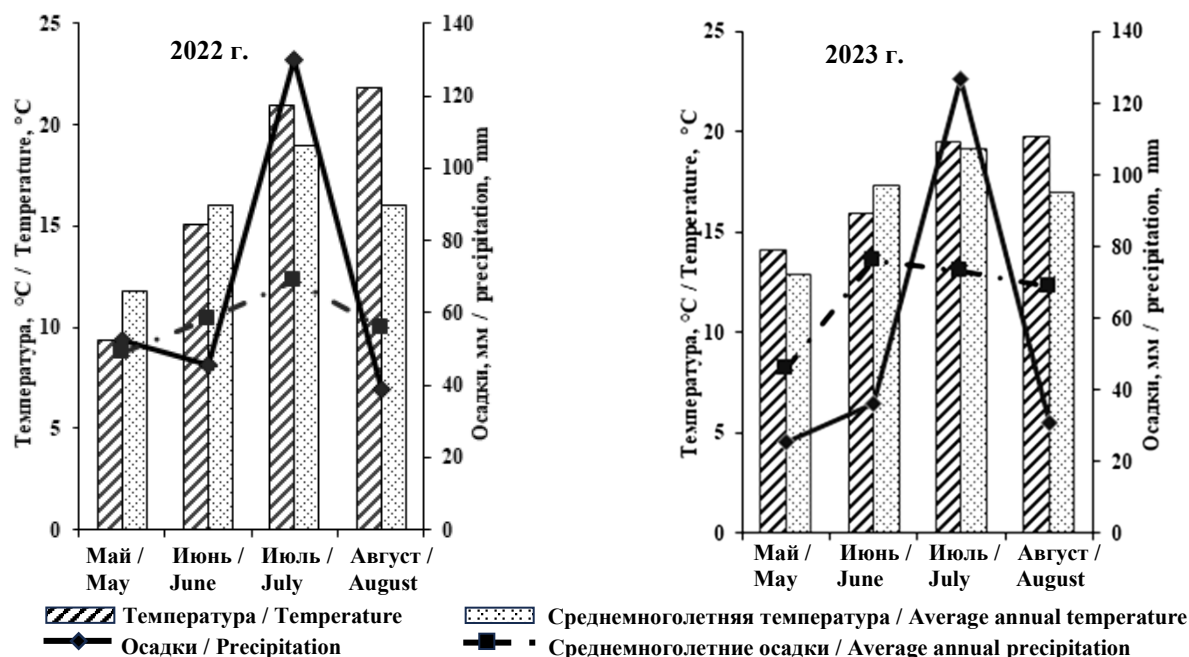


Рис. 1. Метеоусловия в период проведения исследований /
Fig. 1. Meteorological conditions during the research period

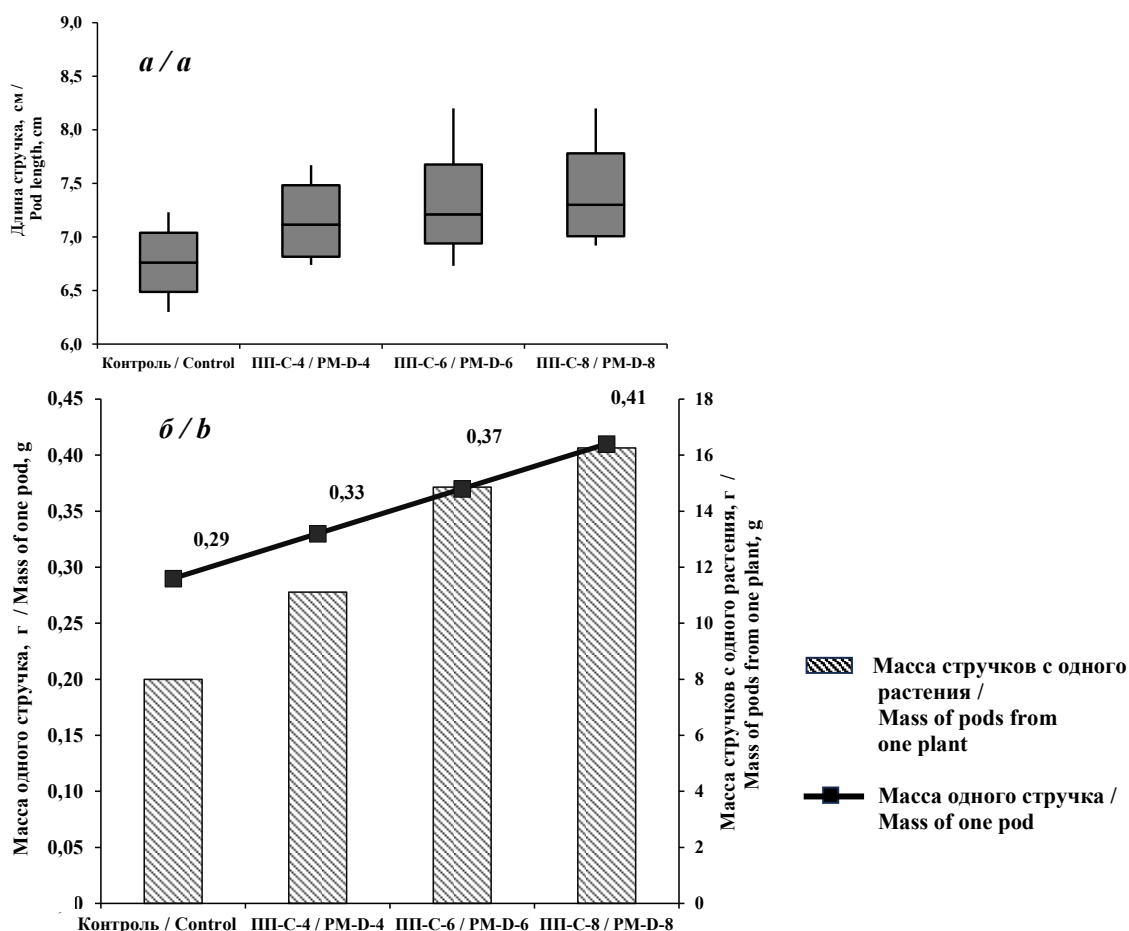


Рис. 2. Влияние разных доз птичьего помета сыпучего на морфологические показатели стручка ярового рапса сорта Лунеди: а – длина стручка ($HC_{05} = 0,25$); б – масса одного стручка ($HC_{05} = 0,04$), масса стручков с одного растения ($HC_{05} = 1,71$) (в среднем за 2022-2023 гг.) /

Fig.2. The influence of different doses of poultry manure loose on the morphological parameters of the Lunedi spring rape pod: а – pod length ($LSD_{05} = 0.25$); б – mass of one pod ($LSD_{05} = 0.04$), mass of pods from one plant ($LSD_{05} = 1.71$) (on average for 2022-2023)

Считается, что наибольшее действие на семенную продуктивность оказывают такие элементы структуры урожая, как число стручков на растении и обсемененность стручка [10]. Вместе с тем, число семян в стручке достаточно тесно связано с его длиной, что подтверждается выявленной сильной корреляционной связью в наших исследованиях ($r = 0,80$). Положительное действие на увеличение длины стручка рапса прослеживается при всех дозах помета, дающих достоверную прибавку на 5,9–9,9 % по сравнению с неудобренным вариантом (6,30–7,23 см).

Различия между полуторакратным и двукратным увеличением дозы птичьего помета не выявлены, так как среднее медианное значение длины стручка рапса в этих вариантах находится в диапазоне 7,1–7,3 см, но отдельные экземпляры достигают длины более 8 см.

Качественно сходное влияние оказывают дозы помета на формирование таких элементов

структуры урожая, как масса одного стручка и масса всех стручков с одного растения рапса, так как стручок должен обладать достаточным объемом и весом.

Во всех удобренных вариантах получена существенная прибавка по показателю «масса одного стручка» – 13,8–41,4 % и всех стручков с одного растения рапса – 38,9–203,3 % в сравнении с неудобренным контролем. Достоверное преимущество по показателю «общая масса стручков» отмечено при внесении помета в количестве 6 т/га, что позволило дополнительно получить 3,75 г стручков с одного растения, тогда как при двукратном увеличении дозы помета (8 т/га) наблюдалась лишь тенденция к приросту массы с одного растения (1,40 г/растение).

Не менее важным показателем является «количество стручков на растении» (рис. 3), на который внесение удобрений оказывает заметное влияние.

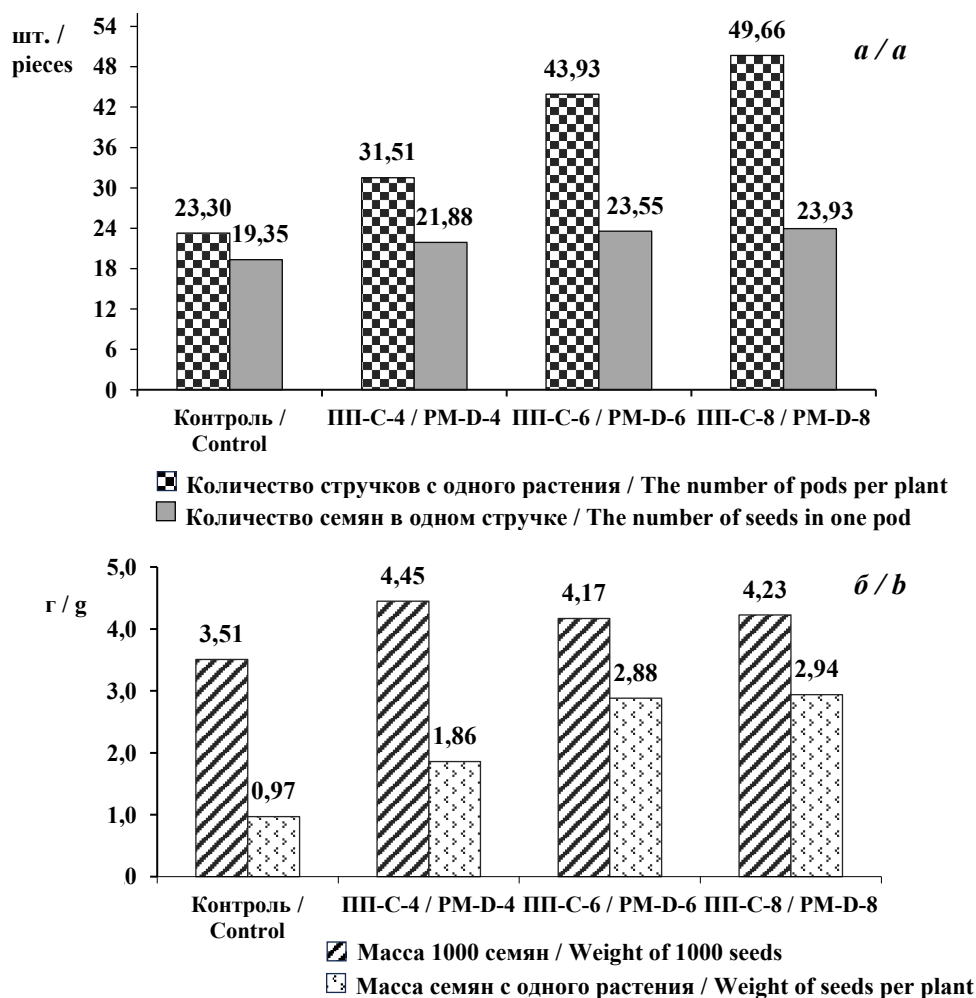


Рис. 3. Влияние разных доз птичьего помета сыпучего на структуру семян ярового рапса сорта Лунеди: а – количество стручков с одного растения ($HCP_{05} = 6,94$), количество семян в одном стручке ($HCP_{05} = 1,42$); б – масса 1000 семян ($HCP_{05} = 0,38$), масса семян с одного растения ($HCP_{05} = 0,41$) (в среднем за 2022–2023 гг.) /

Fig.3. The influence of different doses of poultry manure loose on the structure of Lunedi spring rape seeds: а – the number of pods per plant ($LSD_{05} = 6.94$), the number of seeds in one pod ($LSD_{05} = 1.42$); б – weight of 1000 seeds ($HCP_{05} = 0.38$), weight of seeds per plant ($LSD_{05} = 0.41$) (on average for 2022–2023)

Установлено, что при возделывании ярового рапса на неудобренной светло-серой лесной почве в среднем на растении формируется 23,30 стручка, а при внесении питательных элементов в почву с пометом их число существенно увеличивается (на 35,2–213,1 %), достоверно повышаясь при каждом последующем увеличении дозы помета. Схожие в целом закономерности отмечены в действии помета на обсемененность стручка рапса. Количество семян в стручке варьирует от 19,4 до 23,9 штук и при увеличении дозы внесения помета достоверно повышается на 13,1–23,7 % относительно контроля. Наиболее эффективным является внесение удобрений в дозах 6 и 8 т/га, так как позволяет дополнительно увеличить озерненность плода на 4,2 и 4,6 штук семян.

Семенная продуктивность единичного растения зависит не только от количества семян на одном растении, но и от массы семян с одного стручка, так как это свидетельствует об их полновесности и крупности, и, следовательно, влияет на посевные качества. Внесение птичьего помета позволило достоверно повысить средний сбор семян с одного растения в 1,9–3,0 раза. При этом нельзя не отметить, что увеличение дозы помета с 6 до 8 т/га не способствовало дальнейшему росту показателя – прибавка составила менее 2 %.

Одним из важнейших элементов продуктивности является «масса 1000 семян» – определяющий показатель их выполненности. Исследованиями 2022–2023 гг. установлено, что при возделывании ярового рапса на неудобренной светло-серой лесной почве масса 1000 семян составила в среднем 3,5 г, что на 5,1 % ниже значения, заявленного в описании характеристики сорта Лунеди (3,7 г). Во всех вариантах, где вносили помет, однозначно отмечается достоверное увеличение этого показателя в 1,2–1,3 раза, превышение значений морфологической характеристики сорта составило 12,7–20,3 %.

Максимальная масса 1000 семян получена при внесении 4 т/га помета – 4,45 г, с увеличением дозы она снижается на 6,3–4,9 %, что обусловлено значительной вариабельностью показателя по годам исследований в этом варианте (в 2022 г. – 4,9 г; в 2023 г. – 4,0 г). В остальных вариантах масса 1000 семян демонстрирует качественно сходные значения во все периоды.

Двухлетние исследования показали, что минимальная урожайность общей надземной биомассы получена на неудобренной светло-серой лесной почве – 9,86 т/га. Внесение помета в разных дозах способствовало достоверному увеличению данного показателя (в 1,6–1,9 раза), но максимальный эффект отмечен при минимальной дозе, где прирост биомассы составил 6,03 т/га (рис. 4). При увеличении дозы помета до 6 т/га урожайность биомассы рапса также достоверно возросла, но не столь эффективно, так как дополнительное внесение 2 тонн позволило получить чуть более 1,4 т/га, что в 4,2 раза меньше прибавки, полученной в варианте с дозой внесения 4 т/га. При максимально высокой дозе внесения птичьего помета (8 т/га), в сравнении с дозой 6 т/га, прибавка была незначительной (12,5 %).

Урожайность биомассы растений ярового рапса в 2022 году была значительно выше во всех вариантах – на 15,9–30,4 %, что обусловлено наиболее оптимальными погодными условиями. С увеличением дозы помета различия в урожайности биомассы, полученной в 2022 и 2023 гг., менее существенные (25,4–15,9 %) относительно контроля. Вероятнее всего, наличие большего количества питательных веществ в почве удобренных вариантов позволило нивелировать расход влаги при ее недостатке на синтез сухого вещества растений ярового рапса в 2023 году.

Изменение урожайности семян рапса имеет сходную картину с урожайностью общей биомассы – повышается с увеличением дозы помета относительно контроля в 2,0–2,3 раза. В варианте без внесения удобрений получили минимальный урожай семян (0,98 т/га), что, согласно данным Росстата, на 36 % ниже средней урожайности, полученной в условиях Нижегородской области в 2022 году¹⁶.

Следовательно, возделывание ярового рапса без применения удобрений, только за счет почвенного плодородия светло-серых лесных почв, весьма неэффективно. Исследованиями 2022–2023 гг. установлено увеличение урожайности семян практически в 2 раза при внесении минимальной дозы сухого помета (4 т/га), а дополнительное внесение доступных питательных элементов в почву с 6 и 8 т/га помета не оказало существенного влияния, так как прибавка между удобренными вариантами незначительна (0,22–0,32 т/га).

¹⁶Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году (предварительные данные). [Электронный ресурс].

URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx (дата обращения: 01.03.2024)

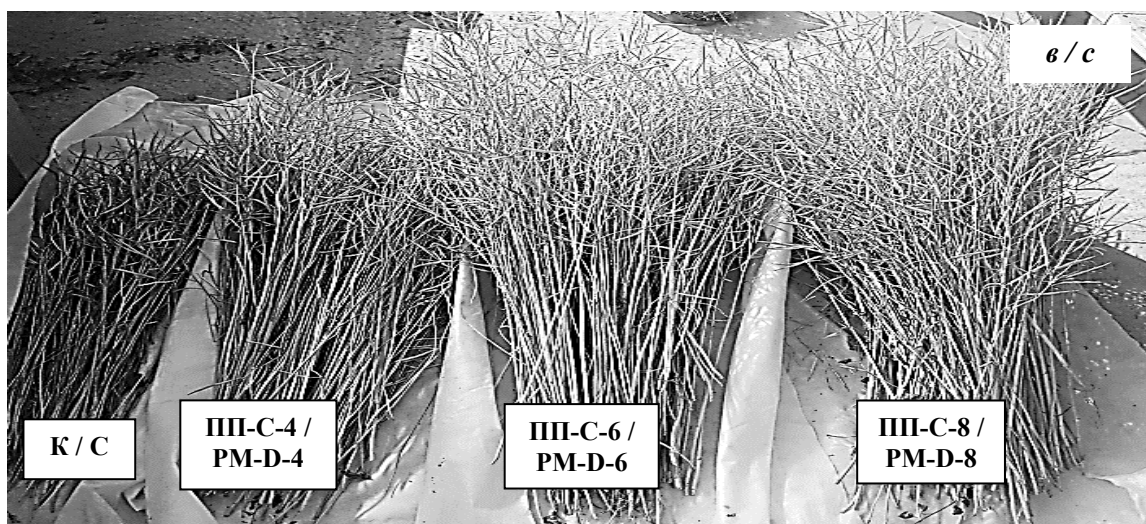
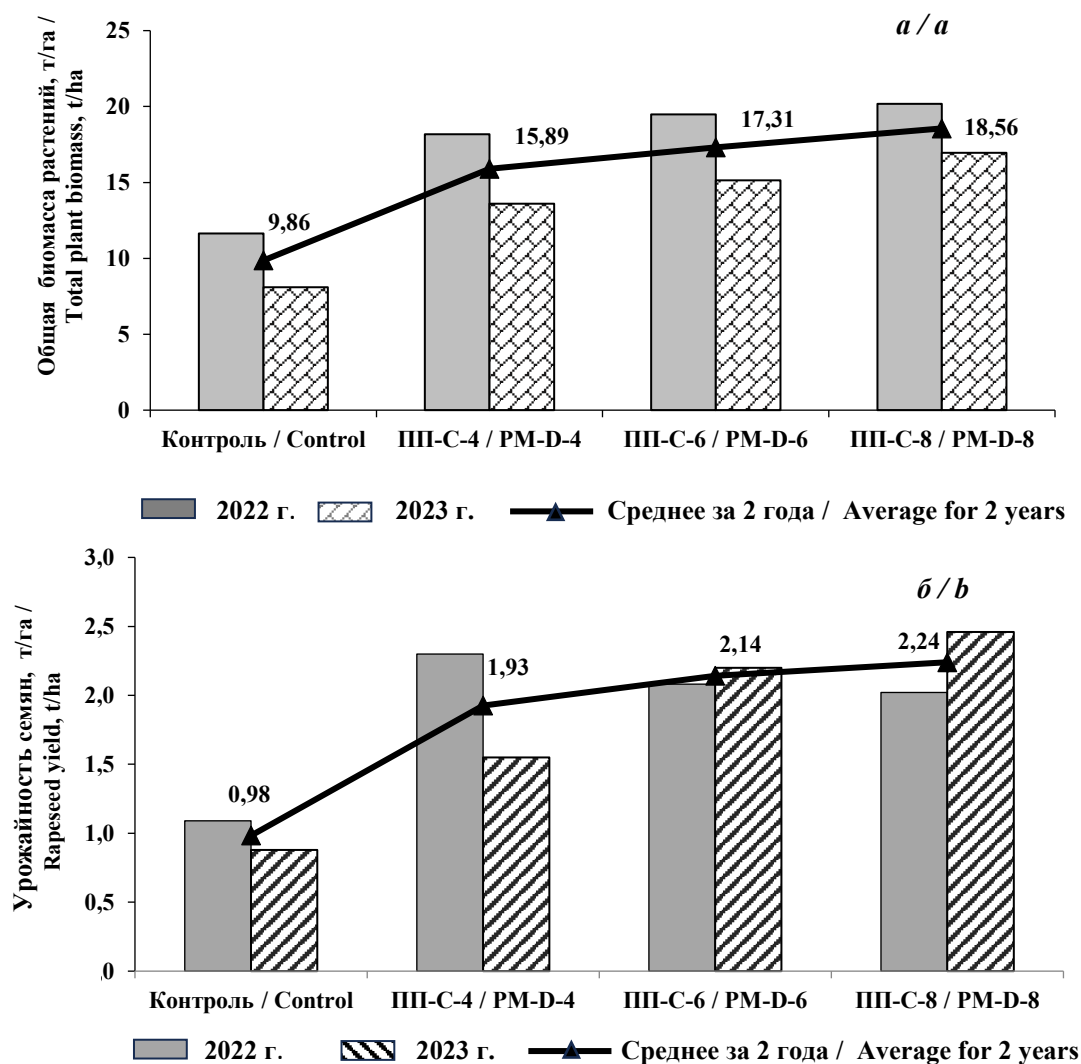


Рис. 4. Влияние разных доз птичьего помета сыпучего на урожайность надземной биомассы и семян рапса сорта Лунеди: а – общая биомасса растений ($НСР_{05}=3,09$ (2022 г.), $0,53$ (2023 г.)), т/га; б – урожайность семян рапса ($НСР_{05}=0,58$ (2022 г.), $0,52$ (2023 г.)), т/га; в – внешний вид биомассы рапса на день уборки в 2023 году /

Fig. 4. The influence of different doses of poultry manure loose on the productivity of above-ground biomass and of Lunedi rape seeds in the experiment: а – total plant biomass ($LSD_{05}=3.09$ (2022 year), 0.53 (2023 year)), t/ha; б – rapeseed yield ($LSD_{05}=0.58$ (2022 year), 0.52 (2023 year)), t/ha; в – rapeseed biomass on harvest day in 2023

Необходимо отметить, что максимальный урожай семян рапса в 2022 году получили при внесении минимальной дозы помета (4 т/га) – 2,3 т/га, при этом дополнительное внесение питательных веществ в почву (6 и 8 т/га) не оказало положительного влияния на синтез семян. Можно предположить, что наиболее оптимальные гидротермические условия этого периода и наличие большого количества питательных веществ в почве стимулировали рост вегетативной массы растений, замедляя при этом процесс дифференцировки и формирования цветков, снижая тем самым урожай семян.

Анализ урожайности 2023 года позволил установить, что продуктивность семян ярового

рапса достоверно повышалась с увеличением доз вносимых удобрений в 1,8–2,5 раза, но при этом прибавка между удобренными вариантами имела тенденцию к снижению (0,60–0,26 т/га).

Полученные результаты позволяют утверждать, что под рапс эффективно внесение помета в дозе 4 т/га, т. к. дает достоверную прибавку как по общей биомассе, так и количеству семян рапса.

Для оценки влияния вносимых доз птичьего помета на продукционный процесс определяли коэффициент хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$), рассчитанный как отношение массы семян к общей сухой надземной биомассе в фазе «уборочная спелость» (рис. 5).

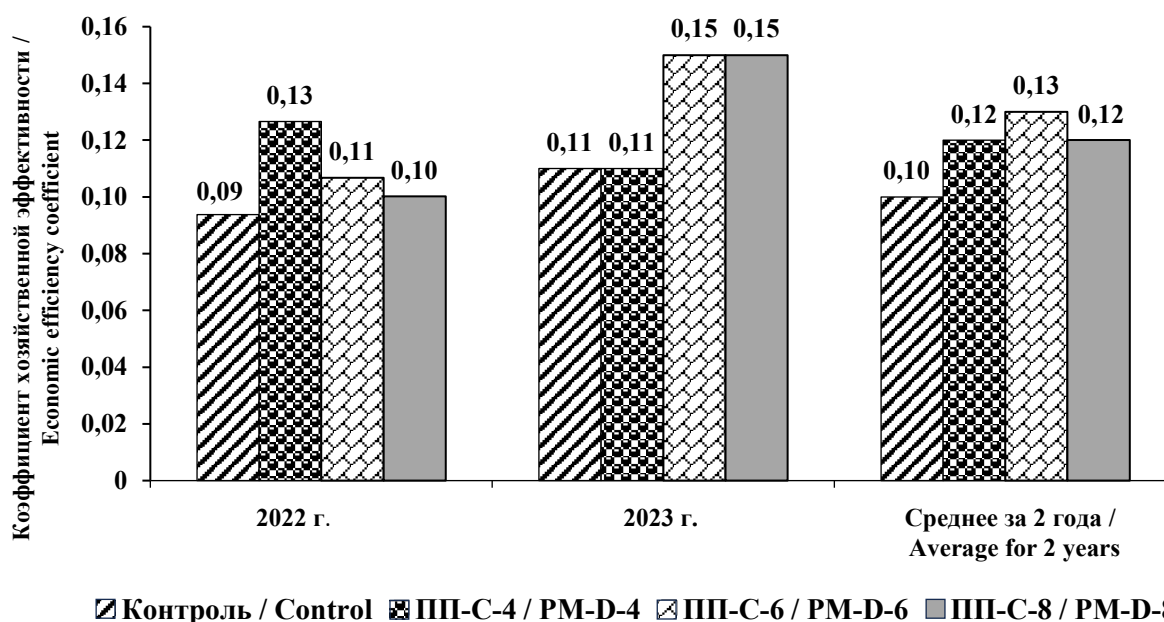


Рис. 5. Коэффициент хозяйственной эффективности возделывания рапса ярового сорта Лунеди на семена при внесении разных доз птичьего помета /

Fig. 5. Economic efficiency coefficient of cultivation of the Lunedi spring rapeseed for seeds when applying different doses of poultry manure

Коэффициент хозяйственной эффективности показывает, что соотношение массы семян и надземной биомассы у рапса весьма широко (0,09–0,15), по сравнению, например, с зерновыми культурами (пшеницей), где этот показатель в среднем составляет 0,5 [11]. Но, поскольку по данному показателю судят об эффективности аттракции пластических веществ из листьев и стеблей в семена, то можно констатировать, что внесение птичьего помета ведет к некоторому увеличению семен-

ной части в общем биологическом урожае. Следовательно, на удобренных вариантах на одну тонну семян приходится около 7 тонн соломы, в контроле это соотношение значительно больше (1:10).

Для оценки влияния некоторых элементов структуры урожая на урожайность семян рапса построили несколько моделей зависимости (рис. 6), так как исследователи неоднозначно оценивают их вклад в регуляцию семенной продуктивности¹⁷ [12].

¹⁷Никонова Г. Н. Основы формирования продуктивности и качества семян ярового рапса в лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Рамонь, 2009. 45 с.

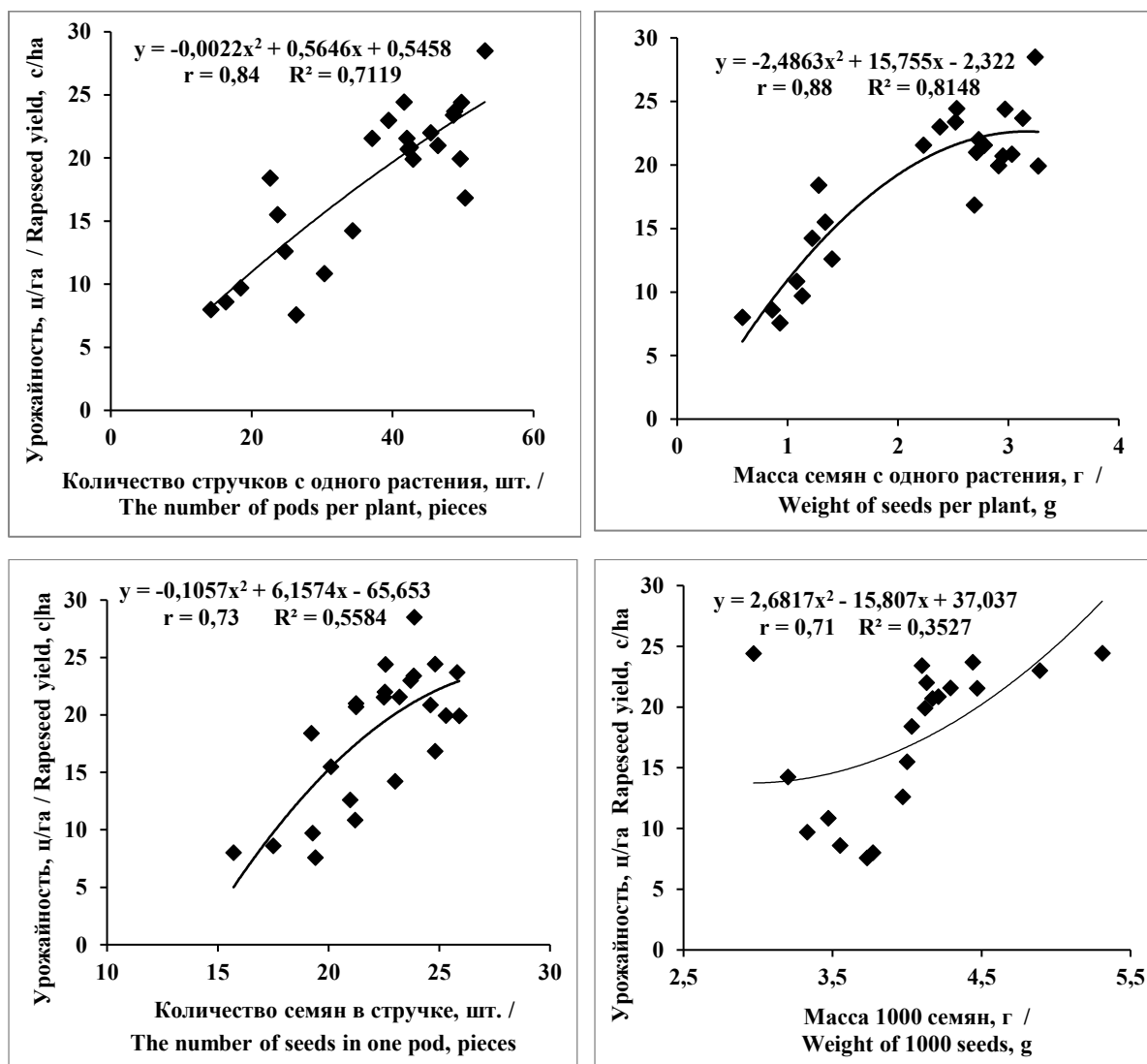


Рис.6. Зависимость урожайности семян рапса сорта Лунеди от элементов структуры продуктивности (в среднем за 2022-2023 гг.) /

Fig.6. Dependence of Lunedi rape seeds yield on the elements of productivity structure (average for 2022-2023)

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что наибольший вклад в формирование урожая семян оказывает масса семян с одного растения, о чем свидетельствует высокое значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,81$) и наиболее тесная корреляция ($r = 0,88$), степень достоверности которой оценена путем опровержения нулевой гипотезы. Кроме того, достаточно весомый вклад (более 70 %) в формирование продуктивности культуры оказывает число стручков с одного растения, а также обсемененность стручка ($R^2 = 0,56$; $r = 0,73$), этот элемент структуры урожая считается средне-изменчивым и высоконаследуемым признаком [12]. В меньшей степени семенная продуктивность в наших исследованиях определялась массой 1000 семян.

Выводы. 1. Использование различных доз птичьего помета, полученного после хранения в лагунах в течение 3–6 месяцев (сухого помета), в качестве органического удобрения на светло-серой лесной почве в условиях Нижегородской области положительно влияет на формирование наземной биомассы (15,9–18,6 т/га) и урожайности семян ярового рапса (1,93–2,24 т/га), обеспечивая статистически значимые прибавки к контролю без удобрений. С увеличением внесения дозы помета с 4 т/га в 1,5 раза (6 т/га) и два раза (8 т/га) наблюдается тенденция снижения прибавок биомассы и семенной продуктивности в 4,2–4,8 и 4,2–9,4 раза относительно прибавок от минимальной используемой дозы (4 т/га).

2. Все испытываемые дозы птичьего помета оказали достоверное влияние на структуру товарной продукции урожая в сравнении с неудобренной почвой: количество стручков возросло в 1,4–2,1 раза, обсемененность стручка в 1,1–1,2 раза, общий сбор семян с одного растения в 1,9–3,0 раза. При увеличении доз помета с 4 т/га в 1,5 раза (6 т/га) установлена значительная прибавка количества стручков и семян в стручке (12,4 и 1,7 шт. соответственно), массы семян (1,02 г/растение), тогда как при максимально высокой испытанной дозе помета (8 т/га) наблюдалась лишь тенденция к росту элементов структуры урожая.

3. Внесение птичьего помета приводит к повышению коэффициента хозяйственной эффективности на 20–30 %, что свидетельствует об увеличении семенной части в общем биологическом урожае. В регуляции семенной продуктивности растений ведущая роль принадлежит массе семян с одного растения ($r = 0,88$), числу стручков с одного растения ($r = 0,84$) и их обсемененности ($r = 0,73$).

4. Исследованиями, проведенными в 2022–2023 гг., установлено, что наиболее оптимальной дозой под яровой рапс сорта Лунеди на светло-серой лесной почве является внесение 4 т/га птичьего помета.

Список литературы

1. Вартанова М. Л. Продовольственная безопасность страны и пути выхода из мирового продовольственного кризиса. М.: Библио-Глобус, 2016. 220 с. DOI: <https://doi.org/10.18334/9785906830944> EDN: XVMTKT
2. Черкасова Е. А., Рзаева В. В. Урожайность сортов и гибридов ярового рапса в условиях Северного Казахстана. Агропродовольственная политика России. 2021;(3):46–50. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47310469> EDN: OGVHQPW
3. Черкасова Е. А., Рзаева В. В. Сравнительная продуктивность сортов и гибридов ярового рапса в условиях Северо-Казахстанской области. Аграрный научный журнал. 2021;(4):34–36. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i4pp34-36> EDN: LJSOWC
4. Сидоренко О. Д. Использование продуктов биоконверсии отходов животноводства в качестве органических удобрений (концепция). Агрохимия. 2018;(4):36–38. DOI: <https://doi.org/10.7868/S000218811804004X> EDN: YWECGJ
5. Таран Т. В., Чебыкина Е. В., Котьяк П. А., Баушева Н. П. Последствие куриного помета и органоминерального субстрата на его основе на урожай полевых культур. Вестник АПК Верхневолжья. 2021;(3(55)):12–17. DOI: <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.55.3.002> EDN: MYXTRC
6. Титова В. И., Мартынова О. С. Помет и навоз промышленного птице- и животноводства – отход производства или органическое удобрение? Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса: сб. тр. Международ. научн.-практ. конф. Н. Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2021. С. 169–172. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=enxcde> EDN: ENXCDC
7. Chekaev N., Blinokhvatova Yu., Novichkov S. Evaluation of the nitrogen regime of chernozem leached under the action of different doses of turkey waste application. Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2022;65(1):46–50. URL: https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_1/Art5.pdf
8. Титова В. И., Варламова Л. Д., Рыбин Р. Н., Малышева М. К. Характеристика физико-химических свойств светло-серой лесной почвы при утилизации свиного навоза. Экологический вестник Северного Кавказа. 2019;(2):14–18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38213942> EDN: LMFCXS
9. Тарасов С. И. Актуальные вопросы охраны окружающей среды в хозяйствах индустриального животноводства. Сообщение 1. Природоохранные аспекты организации предприятий индустриального животноводства, систем удаления бесподстилочного навоза. Плодородие. 2022;(3(126)):83–86. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.126.22> EDN: HBJODM
10. Карпачев В. В. Рапс яровой. Основы селекции: монография. Липецк: ВНИПТИ рапса, 2008. 236 с.
11. Кошкин Е. И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
12. Кошкин Е. И., Вагун И. В., Воловик В. Т. Продуктивность и структура урожая ярового рапса (*Brassica Napus* L.) при моноэлементном загрязнении почв тяжелыми металлами. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2012;(2):32–45. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18096442> EDN: PGACVZ

References

1. Vartanova M. L. Food safety of the state and ways to overcome the world's food crisis. Moscow: *Biblio-Globus*, 2016. 220 p. DOI: <https://doi.org/10.18334/9785906830944>
2. Cherkasova E. A., Rzaeva V. V. Productivity of varieties and hybrids of spring rapeseed in the conditions of northern Kazakhstan. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* = Agri-Food Policy in Russia. 2021;(3):46–50. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47310469>

3. Cherkasova E. A., Rzaeva V. V. The comparative productivity of spring rape varieties and hybrids in the conditions of the North Kazakhstan region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2021;(4):34–36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i4pp34-36>
4. Sidorenko O. D. The use of the products bioconversion of animal waste as organic fertilizer (the concept). *Agrokhimiya*. 2018;(4):36–38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S000218811804004X>
5. Taran T. V., Chebykina E. V., Kotyak P. A., Bausheva N. P. The afteraction of poultry litter and organo-mineral medium based on it on the field crops yield. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2021;(3(55)):12–17. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.55.3.002>
6. Titova V. I., Martyanova O. S. Manure of industrial poultry and livestock - waste from production or organic fertilizer? The role of university science in the development of the agro-industrial complex: collection of tr. International. scientific and practical conf. N. Novgorod: *FGBOU VO Nizhegorodskaya GSKhA*, 2021. pp. 169–172. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=enxcde>
7. Chekaev N., Blinokhvatova Yu., Novichkov S. Evaluation of the nitrogen regime of chernozem leached under the action of different doses of turkey waste application. Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2022;65(1):46–50. URL: https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_1/Art5.pdf
8. Titova V. I., Varlamova L. D., Rybin R. N., Malysheva M. K. Characteristics of physico-chemical properties the light-gray forest soil in the utilization of pig manure. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* = The North Caucasus Ecological Herald. 2019;(2):14–18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38213942>
9. Tarasov S. I. Topical issues of environmental protection in the farms of industrial animal husbandry. Communication 1. Environmental aspects of the organization of industrial livestock enterprises, systems for the removal of liquid manure. *Plodородie*. 2022;(3(126)):83–86. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.126.22>
10. Karpachev V. V. Spring rapeseed. The basics of breeding: a monograph. Lipetsk: *VNIPTI rapsa*, 2008. 236 p.
11. Koshkin E. I. Physiology of crop stability. Moscow: *Drofa*, 2010. 638 p.
12. Koshkin E. I., Vagun I. V., Volovik V. T. Productivity and yield structure of spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) with monoelement contamination of soils with heavy metals. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2012;(2):32–45. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18096442>

Сведения об авторах

✉ **Володина Евгения Николаевна**, кандидат биол. наук, доцент кафедры «Почвоведение и природо-обустройство», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», д. 97, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: kancel-nnsatu@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9957-5896>, e-mail: volod-evgenia@yandex.ru

Титова Вера Ивановна, доктор с.-х. наук, профессор, заведующая кафедрой «Агрохимия и агроэкология», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», д. 97, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: kancel-nnsatu@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0962-5309>

Кириллова Дарья Алексеевна, студент 4 курса биоэкологического факультета, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», д. 97, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: kancel-nnsatu@bk.ru

Information about the authors

✉ **Evgenia N. Volodina**, PhD in Biological Science, associate professor, the Department «Soil Science and Environmental Management», Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: kancel-nnsatu@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9957-5896>, e-mail: volod-evgenia@yandex.ru

Vera I. Titova, DSc in Agricultural Science, professor, Head of the Department «Agrochemistry and Agroecology», Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: kancel-nnsatu@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0962-5309>

Daria A. Kirillova, 4th year student of the Bioecological Faculty, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: kancel-nnsatu@bk.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author