



ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА ФАУНУ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

✉ **Воронин А.Н., Труфанов А.М., Котьяк П.А., Щукин С.В.**

Ярославская государственная сельскохозяйственная академия
Ярославль, Россия

✉ e-mail: voronin@yarcx.ru

Представлены результаты изучения систем отвальной, поверхностно-отвальной и поверхностной обработки почвы, а также систем удобрения на основе соломы, используемой как отдельно, так и в сочетании с полным минеральным удобрением. Приведены данные за 2019–2021 гг. по численности почвенной фауны, урожайности многолетних трав 1-го и 2-го годов пользования и яровой пшеницы. Исследования проводили на дерново-подзолистых глееватых среднесуглинистых почвах (опытное поле Ярославской государственной сельскохозяйственной академии). За рассматриваемый период самая высокая численность полезной почвенной фауны (дождевые черви (*Lumbricina*), божьи коровки (*Coccinellidae*) и жуки (*Carabidae*)) наблюдалась при поверхностно-отвальной обработке, что свидетельствует о наличии в данной системе благоприятных условий для питания указанных организмов. Количество нематод (*Nematoda*) в этом варианте уменьшилось, причем существенные изменения зафиксированы по разным слоям почвы в зависимости от года, что может быть связано с более сильным ростом растений и повышением их способности противостоять гельминтам. Установлено, что наибольшее влияние на полезную фауну оказало совместное применение соломы и полного минерального удобрения: отмечены увеличение полезной фауны почвы и снижение популяции нематод, что можно объяснить сокращением бактерио- и микотрофов. За все годы исследований поверхностно-отвальная обработка почвы обеспечивала урожайность полевых культур на уровне отвальной обработки или несколько ниже. Внесение соломы вместе с полной нормой минеральных удобрений обусловило наиболее высокие значения указанного выше показателя.

Ключевые слова: фауна почвы, дождевые черви, жуки, нематоды, многолетние травы, яровая пшеница, урожайность

INFLUENCE OF TILLAGE AND FERTILIZERS ON THE FAUNA OF SOD-PODZOLIC GLEYIC SOIL AND THE YIELD OF FIELD CROPS

✉ **Voronin A.N., Trufanov A.M., Kotyak P.A., Shchukin S.V.**

Yaroslavl State Agricultural Academy
Yaroslavl, Russia

✉ e-mail: voronin@yarcx.ru

The results of the study of the mouldboard, surface-mouldboard and surface soil treatment systems, as well as straw-based fertilizer systems used both separately and in combination with full mineral fertilizer are presented. Data for 2019–2021 on soil fauna, yield of perennial grasses of the 1st and 2nd years of use and spring wheat are given. The studies were conducted on sod-podzolic gleyic middle-loamy soils (experimental field of the Yaroslavl State Agricultural Academy). During the period under study, the highest abundance of beneficial soil fauna (earthworms (*Lumbricina*),

ladybugs (Coccinellidae) and carabid beetles (Carabidae) was observed during surface-mouldboard treatment which indicates that this system has favorable feeding conditions for these organisms. The number of nematodes (*Nematoda*) in this variant decreased with significant changes recorded in different soil layers depending on the year, which may be associated with stronger plant growth and an increase in their ability to resist helminths. It was found that the greatest impact on the beneficial fauna had a combined application of straw and total mineral fertilizer: an increase in the beneficial soil fauna and a decrease in the population of nematodes were observed, which can be explained by the reduction of bacterio- and mycotrophs. In all the years of research the surface-mouldboard treatment provided the yield of field crops at the level of the mouldboard tillage or slightly lower. Application of straw together with full norm of mineral fertilizers caused the highest values of the above-mentioned indicator.

Keywords: soil fauna, earthworms, ground beetles, nematodes, perennial grasses, spring wheat, productivity

Для цитирования: Воронин А.Н., Труфанов А.М., Котyak П.А., Щукин С.В. Влияние обработки почвы и удобрений на фауну дерново-подзолистой глееватой почвы и урожайность полевых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 3. С. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-3-1>

For citation: Voronin A.N., Trufanov A.M., Kotyak P.A., Shchukin S.V. Influence of tillage and fertilizers on the fauna of sod-podzolic gleyic soil and the yield of field crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 3, pp. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-3-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенная фауна играет важную роль в гумусообразовании и экологическом балансе агроландшафтов. Понимание факторов, влияющих на почвенные биологические организмы, имеет решающее значение для повышения устойчивости сельскохозяйственных систем, особенно с учетом появления новых систем земледелия, основанных на биоэкономике. Почвенная фауна регулирует ряд экологических процессов, в том числе разложение органического вещества, круговорот питательных веществ и перенос энергии¹ [1].

Дождевые черви (*Lumbricina*) способствуют повышению макропористости грунта, улучшению поступления воды, росту доступности питательных веществ и аэра-

ции² [2], участвуют в деградации органического вещества почвы [3]. Поэтому они традиционно рассматриваются как индикаторы почвенного плодородия [4].

Жужелицы (Carabidae) относятся к полезным насекомым, необходимым для уничтожения вредителей и сорняков^{3, 4} [5]. В то же время некоторые виды жужелиц, являясь фито- и миксофагами, заметно вредят сельскохозяйственным культурам, а иногда пастбищам и высеянному семенам лесных пород [6].

Муравьи (Formicidae) имеют большую ценность в экосистеме. Они уничтожают растительные отходы, используют в пищу некоторых вредных насекомых. В присутствии муравьев почва обогащается минералами, органическими веществами и кисло-

¹Zhang X., Ferris H., Mitchell J., Liang W. Ecosystem services of the soil food web after long-term application of agricultural management practices // *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Vol. 111. P. 36–43.

²Рахлеева А.А. Участие почвенных беспозвоночных животных – представителей макрофауны в создании и поддержании неоднородности почвенных свойств // Природная и антропогенная неоднородность почв и статические методы ее изучения: сб. науч. ст. по материалам Всерос. науч. интернет-конференции с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения засл. проф. Е.А. Дмитриева / под общ. ред. В.П. Самсоновой, М.И. Кондрашкиной, Ю.Л. Мешалкиной. М., 2022. С. 155–158.

³Knapp M., Rezac M. Even the smallest non-crop habitat islands could be beneficial: distribution of carabid beetles and spiders in agricultural landscape // *PLoS One*. 2015. N 10. Article e0123052.

⁴Shearin A.F., Reberg-Horton S.C., Gallandt E.R. Direct Effects of Tillage on the Activity Density of Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Weed Seed Predators // *Environmental Entomology*. 2007. Vol. 36 (5). P. 1140–1146.

родом [7]. Кроме того, имеется множество исследований о поедании муравьями семян сорняков^{5, 6} [8].

Одну из определяющих ролей в борьбе с вредителями растений играют божьи коровки (Coccinellidae) [9]. За сутки этот жук способен уничтожить 150–200 различных насекомых. И что особенно важно, божья коровка находит вредителей даже в скрученных листьях, куда не попадают никакие инсектициды. Она ест насекомых на всех стадиях их развития (яйцо, гусеница, куколка) [10].

Почвенные нематоды (*Nematoda*) имеют огромное значение для трофических тканей почвы и подземных экосистем [11]. Многочисленные данные свидетельствуют, что почвенные нематоды прямо или косвенно участвуют в различных почвенно-экологических процессах, таких как разложение органического вещества и минерализация питательных веществ⁷ [12, 13]. Самые распространенные в почве гемисапробионты питаются бактериями, грибами, дрожжами и мелкими простейшими. Вследствие этого почва обогащается азотом благодаря выделениям нематод [14].

Обработка почвы, вызывающая непосредственное природное воздействие, также разрушает среду обитания педобионтов, значительно сокращая их популяции^{8, 9} [15]. Удобрения оказывают влияние на макрофауну почв¹⁰ [16], но четкой картины пока не наблюдается. Исследований о влиянии различных агротехнологий на численность почвенной фауны явно недостаточно. Особенно актуальна эта проблема для дерново-подзолистых глееватых почв, так как, согласно некоторым данным, избыточное

переувлажнение способствует обеднению почвенной фауны [17]. В нечерноземной зоне в основном преобладают дерново-подзолистые почвы, и временное избыточное увлажнение порой довольно широко распространено. Поэтому исключительно важно выявить действие различных по интенсивности систем обработки почвы и удобрений на количество педобионтов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве в ходе многолетнего полевого 2-факторного эксперимента, заложенного на опытном поле Ярославской государственной сельскохозяйственной академии.

В среднем за период исследования в почве обрабатываемого горизонта содержалось: органического вещества – 2,72%, P_2O_5 – 153,60 мг/кг почвы, K_2O – 80,20 мг/кг почвы, сумма обменных оснований составляла 21,50 мг-экв./100 г почвы, гидролитическая кислотность – 1,41 мг-экв./100 г почвы, $pH_{сол}$ – 5,60.

Схема полевого опыта:

I. Фактор А. Система основной обработки почвы: 1) отвальная (MP); 2) поверхностная с рыхлением (STL); 3) поверхностно-отвальная (SP); 4) поверхностная (ST).

II. Фактор В. Система удобрений: 1) без удобрений (F_0); 2) N_{30} (N); 3) солома (S); 4) солома + N_{30} (SN); 5) солома + NPK (SNPK); 6) NPK (NPK).

В 2019 и 2020 гг. исследования проводили в посевах клеверо-тимофеечной смеси 1-го

⁵Larios L., Pearson D.E., Maron J.L. Incorporating the effects of generalist seed predators into plant community theory // Functional Ecology. 2017. Vol. 31. Is. 10. P. 1856–1867.

⁶Baraibar B., Canadell C., Torra J., Royo-Esnal A., Recasens J. Weed Seed Fate during Summer Fallow: The Importance of Seed Predation and Seed Burial // Weed Science. 2017. Vol. 65 (4). P. 515–524.

⁷Wang Q., Tian P., Liu S., Sun T. Inhibition effects of N deposition on soil organic carbon decomposition was mediated by N types and soil nematode in a temperate forest // Applied Soil Ecology. 2017. Vol. 120. P. 105–110.

⁸Crittenden S.J., Eswaramurthy T., de Goede R.G.M., Brussaard L., Pulleman M.M. Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming // Applied Soil Ecology. 2014. Vol. 83. P. 140–148.

⁹Труфанов А.М. Изменение численности полезных педобионтов при возделывании вико-овсяной смеси под влиянием различных систем обработки почвы и удобрений // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 1 (37). С. 13–17.

¹⁰Воронин А.Н., Мазурин И.В. Влияние различных агротехнологий на почвенную фауну и урожайность полевых культур // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Ярославль, 2020. С. 27–32.

и 2-го годов пользования соответственно, в 2021 г. – в посевах яровой пшеницы.

Численность нематод в почве измеряли методом воронки Бермана, почвенных беспозвоночных – с помощью выборки путем почвенных раскопок. Урожайность определяли сплошным поделяночным методом с учетом влажности и засоренности.

Проведены исследования по вариантам обработки МР, SP и ST на фонах питания F_0 , S, SNPK и NPK. Обследование посевов сельскохозяйственных культур, отбор проб почвы осуществляли в начале и конце вегетационного периода. Известно, что для этой почвы характерно временное избыточное увлажнение. Средняя влажность почвы в течение вегетационного периода составляла 20–22%.

В среднем за апрель 2019 г. температура воздуха составила 4–6 °С, что на 1–2 °С выше климатической нормы. В мае наблюдалась теплая, в отдельные дни жаркая погода. Количество осадков, выпавших в апреле и мае, было ниже нормы. Лето 2019 г. оказалось преимущественно прохладным и влажным. В сумме за вегетационный период выпало 370 мм осадков, что соответствует среднемноголетним данным. Сумма активных среднесуточных температур воздуха выше 10 °С составила 1910°, что больше средних многолетних показателей на 210°.

В 2020 г. в среднем за апрель и май температура воздуха была ниже среднемноголетних значений на 1 °С. Объем осадков за апрель достиг половины нормы, за май – превысил ее в 1,5–2,0 раза. Период активной вегетации растений составил 139–143 дня при средней многолетней продолжительности 120–131 день. В сумме за вегетационный период 2020 г. выпало 405 мм осадков, т.е. 110% от среднего многолетнего количества. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составила 1980°, что больше средней многолетней температуры на 135°.

В 2021 г. средняя за апрель температура воздуха превысила климатическую норму на 2–3 °С, достигнув 5–7 °С. В мае она также оказалась больше нормы на 2,0–2,5 °С. Лето было теплым, характеризовалось не-

равномерным по времени увлажнением. Сумма активных среднесуточных температур воздуха выше 10 °С составила за вегетацию 2000°, что на 280° больше среднемноголетних значений. За вегетационный период 2021 г. выпало 400 мм осадков (уровень климатической нормы). Таким образом, несмотря на некоторые отклонения по осадкам и температуре от среднемноголетних показателей, климатические условия для роста и развития полевых культур складывались благоприятно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2019 г. в посевах многолетних трав 1-го года пользования были обнаружены следующие представители почвенной фауны: муравей (Formicidae), дождевой червь (*Lumbricina*), жужелица (Carabidae), многоножка (*Myriapoda*), личинка божьей коровки (Coccinellidae), гусеница озимой совки (*Agrotis segetum*).

Дождевые черви в основном были представлены таким видом, как *Aporrectodea calignosa*, одним из самых распространенных на сельскохозяйственных землях. На дерново-подзолистой глееватой почве встречались различные виды жужелиц: *Pterostichus melanarius*, *Poecilus cupreus*, *Broscus cephalotes*, *Harpalus latus*. Все они – хищники, питающиеся насекомыми, ракообразными и другими беспозвоночными. В варианте с системой поверхностно-отвальной обработки (SP) при внесении соломы совместно с NPK, видимо, складывались более благоприятные условия для растений, а источники питания для данных видов жужелиц были в достаточном количестве. Из числа многоножек обнаружены представители класса Diplopoda, поедающие растительные остатки и являющиеся источниками пищи для тех же жужелиц. Из божьих коровок (Coccinellidae) был зафиксирован самый распространенный вид-хищник – *Coccinella septempunctata*.

В среднем по факторам использование изучаемых систем обработки почвы не вызвало каких-либо значимых изменений численности фауны в посевах многолетних трав

1-го года пользования в слое почвы 0–10 см (см. табл. 1).

Применение поверхностно-отвальной обработки (SP) обусловило существенный рост количества жуужелиц – на 2,61 экз./м². Внесение соломы в качестве органического удобрения совместно с полной нормой минеральных удобрений способствовало достоверному увеличению в слое 0–10 см муравьев, дождевых червей и жуужелиц на 8,59; 10,16 и 4,69 экз./м² соответственно.

Использование органо-минеральной системы удобрений (SNPK) вызвало статистически значимое увеличение количества личинок божьей коровки в слое 10–20 см – в 2 раза по сравнению с контролем.

В 2020 г. в верхней части пахотного горизонта посева многолетних трав были обнаружены следующие представители почвенной фауны: муравей, дождевой червь, жуужелица и нематода (см. табл. 2).

Применение изучаемых систем обработки почвы не вызвало каких-либо ощутимых изменений численности муравьев и дожде-

вых червей при наибольших значениях в случае поверхностно-отвальной обработки (SP) – 30,56 и 41,52 экз./м² соответственно. В среднем по факторам использование варианта SP привело к увеличению количества жуужелиц в слое почвы 0–10 см от 29,33 экз./м² на контроле до 36,78 экз./м². В среднем по системам удобрений при поверхностно-отвальной обработке (SP) отмечалось статистически значимое снижение численности нематод в верхней части пахотного горизонта – на 3,89 экз./100 г почвы.

Применение всех рассматриваемых систем удобрений обусловило статистически значимое увеличение численности нематод при наименьшем значении на варианте с соломой и полным минеральным удобрением (SNPK) – 33,33 экз./100 г почвы в верхней части пахотного горизонта.

В слое 10–20 см обнаружены дождевые черви и нематоды. Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) в среднем по факторам способствовало существенному росту количества дождевых червей.

Табл. 1. Численность фауны почвы в посевах многолетних трав 1-го года пользования, экз./м²

Table 1. The number of soil fauna in the crops of perennial grasses of the 1st year of use, ind./m²

Вариант	Слой почвы, см	Муравей (Formicidae)	Дождевой червь (Lumbricina)	Жуужелица (Carabidae)	Многоножка (Myriapoda)	Личинка божьей коровки (Coccinellidae)	Гусеница озимой совки (Agrotis segetum)
<i>Фактор А. Система основной обработки почвы</i>							
MP	0–10	25,00	26,04	25,00	32,29	27,08	29,17
	10–20	25,00	26,04	25,52	30,73	26,04	30,21
SP	0–10	29,17	27,60	28,13	26,56	27,08	26,56
	10–20	29,69	31,25	28,13	26,04	33,85	25,00
ST	0–10	25,00	27,08	25,00	30,73	25,00	29,17
	10–20	26,56	28,65	25,00	32,29	25,00	31,25
HCP ₀₅	0–10	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	10–20	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	2,22	$F_{\phi} < F_{05}$	5,28	$F_{\phi} < F_{05}$
<i>Фактор В. Система удобрений</i>							
F ₀	0–10	25,00	25,78	25,00	26,56	25,00	31,25
	10–20	25,00	25,00	25,00	29,69	25,00	31,25
S	0–10	25,00	25,78	25,00	34,38	26,56	28,91
	10–20	26,56	25,00	26,56	30,47	25,00	31,25
SNPK	0–10	33,59	35,94	29,69	25,00	28,13	28,13
	10–20	33,59	41,41	29,69	26,56	50,00	25,00
NPK	0–10	25,00	25,00	25,00	32,03	25,00	27,34
	10–20	25,00	25,00	25,00	35,16	25,00	31,25
HCP ₀₅	0–10	4,48	6,00	3,43	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Табл. 2. Численность фауны почвы в посеве многолетних трав 2-го года пользования**Table 2.** The number of soil fauna in the crops of perennial grasses of the 2nd year of use

Вариант	Слой почвы, см	Муравей (Formicidae), экз./м ²	Дождевой червь (<i>Lumbricina</i>), экз./м ²	Жужелица (Carabidae), экз./м ²	Нематода (<i>Nematoda</i>), экз./100 г почвы
<i>Фактор А. Система основной обработки почвы</i>					
MP	0–10	26,15	33,09	29,33	40,56
	10–20	–	30,04	–	41,67
SP	0–10	30,56	41,52	36,78	36,67
	10–20	–	38,55	–	35,00
ST	0–10	28,22	36,94	29,71	40,56
	10–20	–	31,16	–	48,33
HCP ₀₅	0–10	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	3,51	3,33
	10–20	–	5,27	–	$F_{\phi} < F_{05}$
<i>Фактор В. Система удобрений</i>					
F ₀	0–10	25,00	29,60	31,64	53,33
	10–20	–	29,60	–	38,89
S	0–10	26,15	35,70	28,45	34,44
	10–20	–	33,40	–	38,89
SNPK	0–10	26,15	41,91	39,63	33,33
	10–20	–	40,45	–	32,22
NPK	0–10	33,33	39,46	29,60	40,00
	10–20	–	31,64	–	58,89
HCP ₀₅	0–10	$F_{\phi} < F_{05}$	7,40	5,52	9,75
	10–20	–	6,96	–	13,84

Противоположная тенденция отмечалась в ходе изучения численности нематод: при таком же варианте обработки наблюдалось наименьшее значение – 35 экз./100 г почвы.

В среднем по факторам использование соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений (SNPK) обусловило достоверное увеличение популяции дождевых червей от 29,60 экз./м² на контроле до 40,45 экз./м².

Применение удобрений по варианту NPK вызвало статистически значимый рост количества нематод в нижней части пахотного горизонта на 20 экз./100 г почвы.

В 2021 г. в посевах яровой пшеницы обнаружены следующие представители почвенной фауны: жужелица (Carabidae), пиявица (*Oulema*), личинка божьей коровки (Coccinellidae), дождевой червь (*Lumbricina*) и нематода (*Nematoda*). Пиявицы были представлены одним видом – *Oulema melanopus*. Применение изучаемых систем обработки

почвы не вызвало каких-либо ощутимых изменений в численности названных выше насекомых при наибольших значениях по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) по обоим слоям пахотного горизонта (см. табл. 3).

В среднем по системам удобрений применение обработки по варианту SP обусловило статистически значимое снижение численности нематод в слое 10–20 см – на 2,96 экз./100 г почвы. В верхней части пахотного горизонта прослеживалась подобная динамика, но различия были несущественными. Минимальное значение отмечалось при поверхностно-отвальной обработке (SP) в слое 10–20 см – 10,21 экз./100 г почвы.

В среднем по факторам использование соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений (SNPK) обеспечило существенное увеличение в слое почвы 0–10 см жужелиц и дождевых червей – на 15,28 и 7,32 экз./м² соответственно. Сходная

Табл. 3. Численность фауны почвы в посеве яровой пшеницы

Table 3. The number of soil fauna in spring wheat crops

Вариант	Слой почвы, см	Жужелица (Carabidae), экз./м ²	Пьявица (Oulema), экз./м ²	Личинка божьей коровки (Coccinellidae), экз./м ²	Дождевой червь (Lumbricina), экз./м ²	Нематода (Nematoda), экз./100 г почвы
<i>Фактор А. Система основной обработки почвы</i>						
MP	0–10	30,21	35,24	36,46	34,38	12,06
	10–20	28,13	37,50	36,46	38,54	13,17
SP	0–10	34,38	35,85	38,54	41,67	11,51
	10–20	33,33	38,36	39,58	43,75	10,21
ST	0–10	29,17	35,42	37,50	35,57	12,50
	10–20	30,21	35,42	35,42	37,65	11,50
HCP ₀₅	0–10	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	10–20	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	1,00
<i>Фактор В. Система удобрений</i>						
F ₀	0–10	27,78	34,72	33,33	34,35	13,31
	10–20	27,78	36,69	36,11	36,69	13,05
S	0–10	27,78	34,72	33,33	39,46	12,58
	10–20	26,39	36,69	33,33	39,91	11,67
SNPK	0–10	43,06	38,08	50,00	41,67	10,36
	10–20	43,06	40,28	47,22	43,06	10,72
NPK	0–10	26,39	34,48	33,33	33,33	11,72
	10–20	25,00	34,72	31,94	40,28	11,08
HCP ₀₅	0–10	7,29	$F_{\phi} < F_{05}$	4,61	4,12	1,31
	10–20	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	11,48	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

тенденция отмечалась при анализе численности личинки божьей коровки. Но здесь достоверные изменения наблюдались уже по обоим слоям пахотного горизонта.

В среднем по факторам применение всех изучаемых систем удобрений привело к снижению количества нематод в обоих слоях почвы. В верхней части пахотного горизонта отмечалось существенное уменьшение названного выше показателя при использовании в качестве удобрения полной нормы NPK как отдельно, так и совместно с соломой при минимальном значении по фону «Солома + NPK» 10,36 экз./100 г почвы. В слое 10–20 см сохранялись такие же тенденции, но различия были недостоверны.

В среднем по системам удобрений применение ежегодной поверхностной обработки почвы (ST) вызвало достоверное снижение урожайности зерна яровой пшеницы на 3,96 ц/га (см. табл. 4).

Табл. 4. Влияние различных систем обработки почвы и удобрений на урожайность полевых культур, ц/га

Table 4. Influence of various tillage and fertilizer systems on the yield of field crops, c/ha

Вариант	Многолетние травы 1-го года пользования (2019 г.)	Многолетние травы 2-го года пользования (2020 г.)	Яровая пшеница (2021 г.)
<i>Фактор А. Система основной обработки почвы</i>			
MP	366,68	197,50	22,37
SP	365,93	176,53	21,87
ST	329,78	217,25	18,41
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	2,96
<i>Фактор В. Система удобрений</i>			
F ₀	332,37	192,10	17,10
S	331,70	169,00	21,56
SNPK	395,43	213,77	23,64
NPK	357,00	213,50	21,22
HCP ₀₅	30,10	$F_{\phi} < F_{05}$	3,18

В 2019 г. использование соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений обусловило увеличение урожайности многолетних трав 1-го года пользования на 63,06 ц/га. В 2020 г. на травах 2-го года пользования наблюдалась такая же картина, но различия были незначительны. В 2021 г. применение всех изучаемых систем удобрений способствовало статистически значимому росту урожайности яровой пшеницы при максимальном значении по фону «Солома + NPK» 23,64 ц/га.

За весь период исследований в почве опытного поля были обнаружены следующие представители геобионтов: дождевой червь, многоножка, нематода; геофилов: гусеница озимой совки, божья коровка; геоксенов: жужелица, муравей, пьявица.

Установлено, что снижение механического воздействия на почву благоприятствует развитию почвенной фауны. Увеличение количества органического вещества в почве способствует повышению численности полезной педофауны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве в качестве основной рекомендуется применение системы поверхностно-отвальной обработки почвы (SP) при внесении соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений (SNPK). Данные агроприемы помогают увеличить численность дождевых червей, божьих коровок и жужелиц, снизить количество нематод, а также получить высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аныев Д.Б., Инамова А.А., Муратова Р.Т. Роль почвенных беспозвоночных в почвообразовательных процессах // Вестник Ошского государственного университета. 2021. № 1-2. С. 27–31.
2. Dulaurent A.-M., Daoulas G., Faucon M.-P., Houben D. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) mediate the fertilizing effect of frass // Agronomy. 2020. N 10. P. 783. DOI: 10.3390/agronomy10060783.
3. Huang W., Gonzalez G., Zou X. Earthworm abundance and functional group diversity regulate plant litter decay and soil organic carbon level: a global meta-analysis // Applied Soil Ecology. 2020. Vol. 150. Article 103473. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.103473.
4. Шабанов А.А., Солошенко А.Д. Количественные методы оценки плодородия для целей точного мелиоративного регулирования // Природообустройство. 2020. № 4. С. 13–22. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-13-22.
5. Мордкович В.Г., Худяев С.А., Дудко Р.Ю., Любечанский И.И. Зоодиагностика климатических изменений в степях Центрального Казахстана по сравнению с серединой XX в. на примере жуков-жужелиц и чернотелок // Сибирский экологический журнал. 2020. Т. 27. № 5. С. 539–567. DOI: 10.15372/SEJ20200501.
6. Jacobsen S.K., Sigsgaard L., Johansen A.B., Thorup-Kristensen K., Jensen P.M. The impact of reduced tillage and distance to field margin on predator functional diversity // Journal of Insect Conservation. 2022. Vol. 26. P. 491–501. DOI: 10.1007/s10841-022-00370-x.
7. Захаров А.А., Захаров Р.А. Муравьи и позвоночные животные: монография. М., 2019. 186 с.
8. Lami F., Boscutti F., Masin R., Sigura M., Marini L. Seed predation intensity and stability in agro-ecosystems: Role of predator diversity and soil disturbance // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2020. Vol. 288. Article 106720. DOI: 10.1016/j.agee.2019.106720.
9. Benoufella-Kitous K., Mehalli-Ouldkadi N., Temzi K. A life cycle study of *Coccinella algerica* Kovar, 1977 (Coleoptera, Coccinellidae): Census of a new larval stage in this lady beetle from Béni-Douala area (Tizi-Ouzou) // Journal of Plant Protection Research. 2021. Vol. 61. N 1. P. 41–46. DOI: 10.24425/jppr.2021.136268.
10. Минияров Ф.Т., Павлов С.И., Яицкий А.С. Питание семиточечной коровки *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) на различных стадиях жизненного цикла // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 2. С. 32–38. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-12106.
11. Sun F., Ou Q., Yu H., Li N., Peng C. The invasive plant *Mikania micrantha* affects the soil foodweb and plant-soil nutrient contents in or-

- chards // *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. Vol. 139. Article 107630. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.107630.
12. Ranoarisoa M.P., Morel C., Andriamananjara A., Jourdan C., Bernard L., Becquer T., Rabeharisoa R. Effects of a bacterivorous nematode on rice ³²P uptake and root architecture in a high P-sorbing ferrallitic soil // *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. Vol. 122. P. 39–49. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.04.002.
13. Шматко В.Ю., Сушко К.С., Соколова Т.А., Ильина Л.П. Сезонная динамика структуры почвенных нематод каштановых почв долины Маныча при пастбищной нагрузке // *Аридные экосистемы*. 2021. Т. 27. № 1 (86). С. 106–118. DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10142.
14. Gilarte P., Pendall E., Carillo Y., Nielsen U.N. Plant functional identity has predictable effects on nematode communities across successional stages // *Soil Biology and Biochemistry*. 2021. Vol. 162. Article 108406. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108406.
15. Denier J., Faucon M.-P., Dulaurent A.-M., Guidet J., Kervroëdan K., Lamerre J., Houben D. Earthworm communities and microbial metabolic activity and diversity under conventional, feed and biogas cropping systems as affected by tillage practices // *Applied Soil Ecology*. 2022. Vol. 169. Article 104232. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.104232.
16. Воронин А.Н., Котяк П.А. Влияние различных агроприемов на численность почвенной фауны и продуктивность сельскохозяйственных культур // *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. № 3 (19). С. 49–56. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-49-56.
17. Snyder B.A., Callahan Mac A.Jr. Soil fauna and their potential responses to warmer soils // *Ecosystem Consequences of Soil Warming*. Cambridge: Academic Press, 2019. P. 279–296. DOI: 10.1016/B978-0-12-813493-1.00012-0.
1. Apyev D.B., Inamova A.A., Muratova R.T. The role of soil invertebrates in soil-forming processes. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta = Herald of the Osh State University*, 2021, no. 1-2, pp. 27–31. (In Russian).
2. Dulaurent A.-M., Daoulas G., Faucon M.-P., Houben D. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) mediate the fertilizing effect of frass. *Agronomy*, 2020, no. 10, p. 783. DOI: 10.3390/agronomy10060783.
3. Huang W., Gonzalez G., Zou X. Earthworm abundance and functional group diversity regulate plant litter decay and soil organic carbon level: a global meta-analysis. *Applied Soil Ecology*, 2020, vol. 150, article 103473. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.103473.
4. Shabanov A.A., Soloshenkov A.D. Quantitative methods for assessing fertility for the purposes of accurate reclamation regulation. *Prirodoobustrojstvo = Environmental Engineering*, 2020, no. 4, pp. 13–22. (In Russian). DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-13-22.
5. Mordkovich V.G., Khudyaev S.A., Dudko R.Yu., Lyubchanskiy I.I. Zoological diagnostics of climatic changes in the steppes of Central Kazakhstan in comparison with the middle of the 20th century on the example of ground beetles and dark beetles. *Sibirskiy ekologicheskij zhurnal = Contemporary Problems of Ecology*, 2020, vol. 27, no. 5, pp. 539–567. (In Russian). DOI: 10.15372/SEJ20200501.
6. Jacobsen S.K., Sigsgaard L., Johansen A.B., Thorup-Kristensen K., Jensen P.M. The impact of reduced tillage and distance to field margin on predator functional diversity. *Journal of Insect Conservation*, 2022, vol. 26, pp. 491–501. DOI: 10.1007/s10841-022-00370-x.
7. Zakharov A.A., Zakharov R.A. *Ants and vertebrates*. Moscow, 2019, 186 p. (In Russian).
8. Lami F., Boscutti F., Masin R., Sigura M., Marini L. Seed predation intensity and stability in agro-ecosystems: Role of predator diversity and soil disturbance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2020, vol. 288, article 106720. DOI: 10.1016/j.agee.2019.106720.
9. Benoufella-Kitous K., Mehalli-Ouldkadi N., Temzi K. A life cycle study of *Coccinella algerica* Kovar, 1977 (Coleoptera, Coccinellidae): Census of a new larval stage in this lady beetle from Béni-Douala area (Tizi-Ouzou). *Journal of Plant Protection Research*, 2021, vol. 61, no. 1, pp. 41–46. DOI: 10.24425/jppr.2021.136268.
10. Miniyarov F.T., Pavlov S.I., Yaitskiy A.S. Feeding of the seven-spot ladybug *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) at various stages of the life cycle. *Samarskiy*

- nauchnyy vestnik* = *Samara Journal of Science*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 32–38. (In Russian). DOI: 10.24411/2309-4370-2019-12106.
11. Sun F., Ou Q., Yu H., Li N., Peng C. The invasive plant *Mikania micrantha* affects the soil foodweb and plant-soil nutrient contents in orchards. *Soil Biology and Biochemistry*, 2019, vol. 139, article 107630. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.107630.
 12. Ranoarisoa M.P., Morel C., Andriamananjara A., Jourdan C., Bernard L., Becquer T., Rabearisoa R. Effects of a bacterivorous nematode on rice 32P uptake and root architecture in a high P-sorbing ferrallitic soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, vol. 122, pp. 39–49. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.04.002.
 13. Shmatko V.Yu., Sushko K.S., Sokolova T.A., Il'ina L.P. Seasonal Dynamics of the Structure of Soil Nematodes in Chestnut Soils of the Manych Valley under Pasture Load. *Aridnye ekosistemy* = *Arid Ecosystems*, 2021. vol. 27, no. 1 (86), pp. 106–118. (In Russian). DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10142.
 14. Gilarte P., Pendall E., Carillo Y., Nielsen U.N. Plant functional identity has predictable effects on nematode communities across successional stages. *Soil Biology and Biochemistry*, 2021, vol. 162, article 108406. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108406.
 15. Denier J., Faucon M.-P., Dulaurent A.-M., Guidet J., Kervroëdan K., Lamerre J., Houben D. Earthworm communities and microbial metabolic activity and diversity under conventional, feed and biogas cropping systems as affected by tillage practices. *Applied Soil Ecology*, 2022, vol. 169, article 104232. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.104232.
 16. Voronin A.N., Kotyak P.A. The influence of various agricultural practices on the number of soil fauna and crop productivity. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki* = *Taurida Herald of the agrarian sciences*, 2019, no. 3 (19), pp. 49–56. (In Russian). DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-49-56.
 17. Snyder B.A., Callahan Mac A.Jr. Soil fauna and their potential responses to warmer soils. *Ecosystem Consequences of Soil Warming*, Cambridge: Academic Press, 2019, pp. 279–296. DOI: 10.1016/B978-0-12-813493-1.00012-0.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Воронин А.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 150999, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58; e-mail: voronin@yarcx.ru

Труфанов А.М., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

Котьяк П.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Щукин С.В., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander N. Voronin**, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor; **address:** 58, Tutaevskoe shosse, Yaroslavl, 150999, Russia; e-mail: voronin@yarcx.ru

Alexander M. Trufanov, Candidate of Science in Agriculture, Professor

Polina A. Kotyak, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor

Sergey V. Shchukin, Candidate of Science in Agriculture, Department Head

Дата поступления статьи / Received by the editors 23.06.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.09.2022
Дата публикации / Published 20.04.2023