

**ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ АГРОПРИЁМОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННОЙ
ФАУНЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»

Реферат. Почвенная фауна – это информативный и доступный для исследований показатель биологических свойств почв. Животные, обитающие в почве, очень остро реагируют на любые изменения среды своего обитания. Цель исследований – определить влияние разных систем обработки почвы и удобрений на численность почвенной фауны и продуктивность полевых культур. Работу проводили на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве на опытном поле ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия» в 2016–2018 гг. Схема опыта включала следующие варианты: система основной обработки почвы (фактор А) - отвальная, поверхностная с рыхлением, поверхностно-отвальная, поверхностная; система удобрений (фактор В) - без удобрений; N30; солома (3 т/га); солома (3 т/га) + N30; солома (3 т/га) + NPK; NPK. Изучаемые показатели определяли по общепринятым методикам в посевах однолетних трав и яровой пшеницы. Использование соломы как в чистом виде, так и вместе с NPK вызвало достоверное снижение численности нематод в слое 0–10 см на 14,17 и 19,09 шт. соответственно. Применение удобрений в вариантах «Солома + NPK» и «NPK» вызвало статистически значимое снижение количества нематод в слое 10–20 см на 12,28 и 7,69 шт. соответственно. Использование соломы вместе с NPK вызвало статистически значимое повышение численности дождевых червей и жуужелиц в слое 0–10 см на 10,16 и 4,69 экз./м² соответственно. Применение системы поверхностно-отвальной обработки обеспечило существенное увеличение численности дождевых червей и личинок божьей коровки в слое 10–20 см на 2,61 и 7,81 экз./м² соответственно. В среднем по факторам использование удобрений по фону «Солома + NPK» вызвало достоверное увеличение численности дождевых червей, жуужелиц и личинок божьей коровки. Применение систем поверхностно-отвальной и поверхностной обработки вызвало существенное повышение продуктивности полевых культур при максимальных значениях на поверхностно-отвальной – 36,12 ц к.ед./га. При усреднении по системам обработки почвы использование полной нормы минеральных удобрений как отдельно, так и вместе с соломой, вызвало достоверное повышение продуктивности вико-овсяной смеси и яровой пшеницы на 19,46 и 18,62 ц к.ед./га соответственно.

Ключевые слова: почвенная фауна, численность нематод, система обработки почвы, система удобрений, продуктивность полевых культур.

Введение

Нематоды – повсеместно распространенная разнообразная и многочисленная почвенная фауна от песков пустынь до Арктики. Нематоды – это микроскопические червеобразные организмы, обитающие в плёнке воды между частичками почвы, часто встречаются в верхних слоях почвы, где много органики [1, 2]. Обилие нематод в почве составляет от 3 до 9 млн особей на 1 м² [3, 4].

Зная биологические особенности почвенных нематод и изучив закономерности их жизненных циклов, можно создавать благоприятные условия для их жизнедеятельности, используя соответствующую технику, систему обработки почв, внесения органических и минеральных удобрений [5]. Многие виды не паразитируют в

растениях, а участвуют в разложении органического вещества почвы. Особенно много нематод обитает в ризосфере почвы вокруг корней растений [6].

Большую роль в гумусообразовании и экологической сбалансированности агроландшафтов играют почвенные беспозвоночные. Обработка почвы, благодаря прямому физическому воздействию, также разрушает среду обитания, сильно снижая численность популяций [7, 8]. Удобрения оказывают влияние на макрофауну почвы [9–11], но четкой картины не наблюдается до сих пор. Имеющихся исследований влияния различных агроприемов на численность почвенной фауны недостаточно, особенно этот вопрос актуален для дерново-подзолистых глееватых почв, которые занимают в Нечернозёмной зоне каждый пятый гектар пашни.

Цель исследований – выявить влияние элементов технологий возделывания полевых культур на численность почвенной фауны и продуктивность полевых культур.

Материалы и методы исследований

Экспериментальную работу проводили в 2016–2018 гг. на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве в многолетнем двухфакторном стационарном полевом опыте, заложенном на опытном поле ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». Опыт заложен методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта четырехкратная. На делянках первого порядка площадью 756 м² (54 × 14 м) изучали системы обработки почвы, на делянках второго порядка площадью 126 м² (14 × 9 м) – удобрения и на делянках третьего порядка площадью 63 м² (9 × 7 м) – гербициды.

Перед закладкой опыта почва пахотного горизонта содержала: органического вещества – 3,29 %; легкодоступного фосфора – 355 мг/кг почвы, обменного калия – 72 мг/кг почвы; сумма обменных оснований составляла 22,10 мг-экв./100 г почвы; гидролитическая кислотность – 1,32 мг-экв./100 г почвы; рН_{kcl} – 6,11.

Ниже приведена схема полевого двухфакторного опыта:

Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»:

1. Отвальная, «О₁»;
2. Поверхностная с рыхлением, «О₂»;
3. Поверхностно-отвальная, «О₃»;
4. Поверхностная, «О₄».

Фактор В. Система удобрений, «У»:

1. Без удобрений, «У₁».
2. N₃₀, «У₂».
3. Солома (3 т/га), «У₃».
4. Солома (3 т/га) + N₃₀, «У₄».
5. Солома (3 т/га) + NPK, «У₅».
6. NPK, «У₆».

В 2016 и 2018 гг. исследования проводили в посевах вико-овсяной смеси, в 2017 г. – в посевах яровой пшеницы.

Метод отбора почвы. Отбор проб производится на исследуемом участке. Почву отбирают с помощью ножа, на делянке выбирают три площадки размером по 1 м². Почва, взятая из нескольких точек верхнего слоя (0–10 см), помещается в полиэтиленовый мешочек. Таким же методом берут почву из нижнего горизонта (10–20 см). Далее мешочки с почвой помещают в холодильник и хранят при температуре +4 °С. При хранении почвы в холодильнике нематоды сохраняют жизнеспособность в течение многих месяцев.

Определение численности нематод. Учет нематод в почве осуществляли методом с использованием «воронки Бермана» [12].

Метод отбора почвы и учета макрофауны. Учёт почвенной макрофауны проводили методом почвенных проб путем выкопки почвы лопатой. Оптимальным размером следует признать размер пробы 0,25 м² (50 × 50 см). Рядом с пробой, с одной или с двух сторон раскладывают клеенку, либо какую-то плотную материю, на которую потом и помещают выбираемую из пробы почву. Выбрасываемые небольшие порции земли тщательно перебирают руками и собирают падающих и легко обнаруживаемых животных. Попутно проводится определение распределения почвенных беспозвоночных по слоям пахотного горизонта [12].

Обследование опытного поля и отборы проб почвы проведены маршрутным методом в трехкратной повторности в два этапа: в фазе кущения и в фазе восковой спелости овса и яровой пшеницы. Почва, на которой проводили эксперименты, характеризуется временным избыточным увлажнением. Влажность почвы в среднем за вегетационный период составляет 20–22 %. В 2016 г. температурные условия характеризовались повышенными на 16,3 % значениями в сравнении со среднеголетними данными, количество осадков значительно варьировало по месяцам: в июне и в августе оно было на 95,6 и 57,1 % соответственно выше среднеголетних показателей, тогда как в июле снизилось на 28,2 %. В 2017 г. температура воздуха в период с апреля по июль характеризовалась более низкими значениями по сравнению со среднеголетними данными. Снижение составило 3; 2,9 и 0,4 °С соответственно. Июнь и особенно июль были очень дождливыми – 96 и 99 мм в сравнении со среднеголетней нормой 68 и 60 мм соответственно, в то время, как в августе выпало всего 18 мм осадков. Погодные условия 2018 г. характеризовались более высокими температурами при максимальных значениях в июне и июле – 19 и 18 °С.

Результаты и их обсуждение

Численность нематод существенно не изменялась при воздействии разных систем обработки почвы по сравнению с ежегодной отвальной обработкой по обоим слоям пахотного горизонта (рисунок 1).

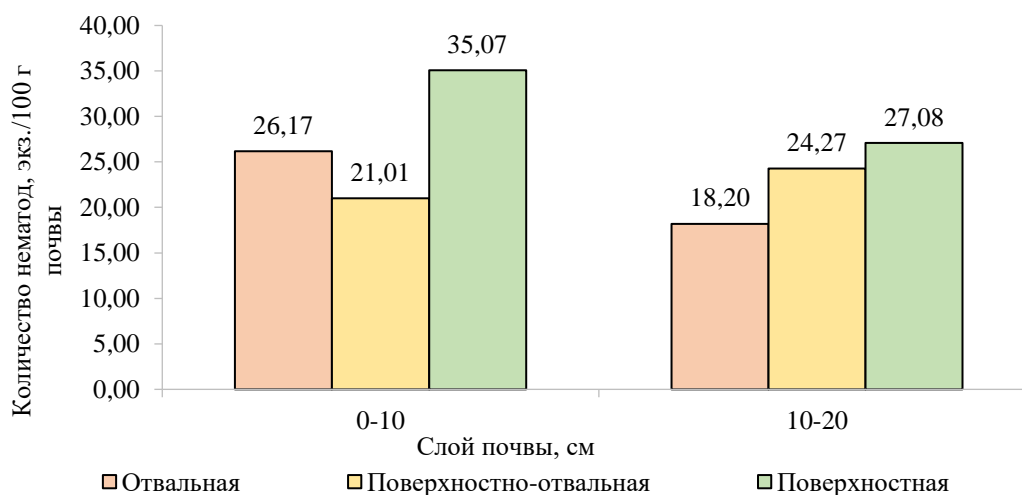


Рисунок 1 – Количество нематод в зависимости от систем основной обработки почвы при усреднении по факторам, экз./100 г почвы (2016–2018 гг.)

Примечание. HCP_{05} , слой 0–10 см = $F_{\phi} < F_{05}$; HCP_{05} , слой 10–20 см = $F_{\phi} < F_{05}$.

В слое 0–10 см применение ежегодной поверхностной обработки способствовало увеличению количества нематод на 8,9 экз./100 г почвы. В слое 10–20 см отмечено повышение численности нематод по всем изучаемым системам обработки почвы на 6,07 и 8,88 экз./100 г почвы. Различия по системам обработки были незначительными.

Использование всех изучаемых удобрений вызвало достоверное снижение величины исследуемого показателя в слое 0–10 см (рисунок 2). В нижней части пахотного горизонта применение удобрений по фону «Солома + NPK» и «NPK» обусловило существенное снижение количества нематод на 12,28 и 7,69 экз./100 г почвы соответственно. Это объясняется увеличением численности дождевых червей. Они, пропуская почву через кишечник, способствуют её оструктурированию и рыхлят почвенную толщу. Дождевые черви при этом уничтожают нематод и их цисты.

Видовой состав нематод на данной почве представляют два отряда: Rhabditida и Tylenchida. На участке с более высоким содержанием органики также доминировали бактериотрофы. В вариантах с системой поверхностно-отвальной обработки при внесении соломы с NPK увеличивается представительство в фауне нематод-паразитов растений из родов *Pratylenchus* и *Paratylenchus*.

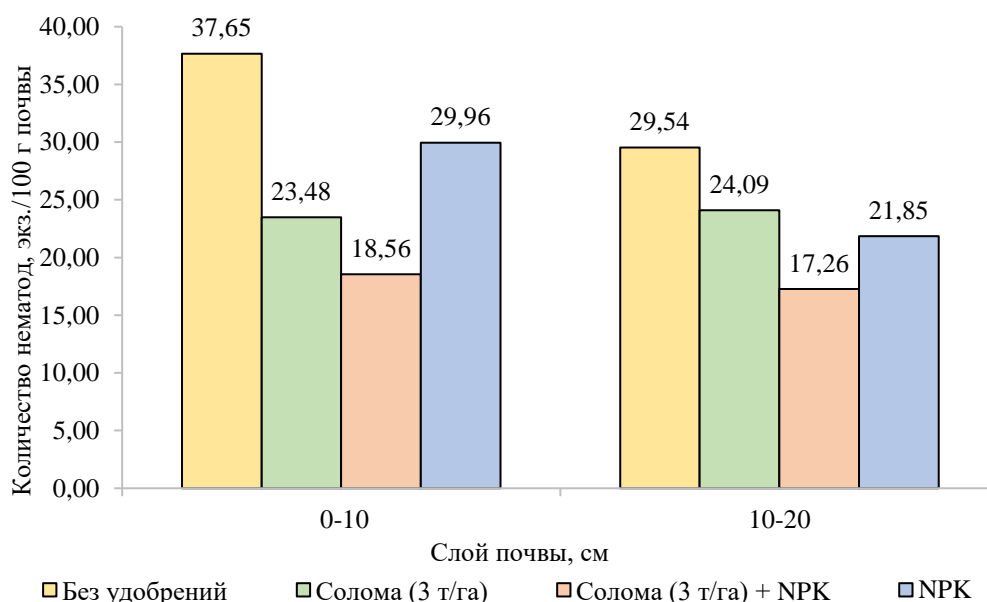


Рисунок 2 – Количество нематод в зависимости от систем удобрений при усреднении по факторам, экз./100 г почвы (2016–2018 гг.)

Примечание. НСР₀₅, слой 0–10 см = 10,11; НСР₀₅, слой 10–20 см = 5,53.

В верхней части пахотного горизонта при усреднении по факторам использование изучаемых систем обработки почвы не обусловило значимых изменений в численности почвенной макрофауны при максимальных значениях количества дождевых червей и жуужелиц на системе поверхностно-отвальной (таблица 1).

По сравнению с контролем, внесение удобрений по фону «Солома + NPK» вызвало статистически значимое увеличение количества дождевых червей и жуужелиц на 10,16 и 4,69 экз./м² соответственно. Это можно объяснить лучшим развитием культуры, большим развитием листовой поверхности, и, следовательно, увеличением влажности почвы и количества пищи для данных представителей фауны. По другим представителям макрофауны – многоножкам и гусеницам совки

различия были не достоверны при минимальных значениях в варианте с соломой и минеральными удобрениями – 25,0 и 28,13 экз./м² соответственно.

Таблица 1 – Влияние изучаемых факторов на численность почвенной макрофауны (экз./м²) в слое почвы 0–10 см (2016–2018 гг.)

Вариант опыта/обработки	Макрофауна				
	дождевой червь (Lumbricina)	жужелица (Carabidae)	многоножка (Myriapoda)	личинка божьей коровки (Coccinellidae)	гусеница совки (Noctuidae)
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»					
Отвальная, «О ₁ »	26,04	25,00	32,29	27,08	29,17
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	27,60	28,13	26,56	27,08	26,56
Поверхностная, «О ₄ »	27,08	25,00	30,73	25,00	29,17
НСР ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅
Фактор В. Система удобрений, «У»					
Без удобрений, «У ₁ »	25,78	25,00	26,56	25,00	31,25
Солома, «У ₃ »	25,78	25,00	34,38	26,56	28,91
Солома + NPK, «У ₅ »	35,94	29,69	25,00	28,13	28,13
NPK, «У ₆ »	25,00	25,00	32,03	25,00	27,34
НСР ₀₅	6,00	3,43	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅

В среднем по факторам применение системы поверхностно-отвальной обработки обеспечило существенное увеличение численности дождевых червей и личинок божьей коровки на 2,61 и 7,81 экз./м² соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние изучаемых факторов на численность почвенной макрофауны (экз./м²) в слое почвы 10–20 см (2016–2018 гг.)

Вариант опыта/обработки	Макрофауна				
	дождевой червь (Lumbricina)	жужелица (Carabidae)	многоножка (Myriapoda)	личинка божьей коровки (Coccinellidae)	гусеница совки (Noctuidae)
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»					
Отвальная, «О ₁ »	26,04	25,52	30,73	26,04	30,21
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	31,25	28,13	26,04	33,85	25,00
Поверхностная, «О ₄ »	28,65	25,00	32,29	25,00	31,25
НСР ₀₅	F _φ < F ₀₅	2,22	F _φ < F ₀₅	5,23	F _φ < F ₀₅
Фактор В. Система удобрений, «У»					
Без удобрений, «У ₁ »	25,00	25,00	29,69	25,78	29,69
Солома, «У ₃ »	25,00	26,56	30,47	25,00	31,25
Солома + NPK, «У ₅ »	41,41	29,69	26,56	50,00	25,00
NPK, «У ₆ »	25,00	25,00	35,16	25,00	31,25
НСР ₀₅	5,38	2,64	F _φ < F ₀₅	6,50	F _φ < F ₀₅

В посевах вико-овсяной смеси и яровой пшеницы использование изучаемых систем обработки почвы не привело к каким-нибудь значимым изменениям в численности многоножки и гусениц совки при минимальных значениях в варианте «О₃» – 26,56 экз./м² по обоим видам.

При усреднении по системам основной обработки почвы совместное внесение соломы и NPK вызвало достоверное увеличение численности полезной энтомофауны – дождевых червей, жуужелиц и личинок божьей коровки.

Дождевые черви в основном были представлены одним видом – *Aporrectodea caliginosa*, одним из самых распространённых на сельскохозяйственных землях. Жуужелицы на дерново-подзолистой глееватой почве представлены следующими видами: *Pterostichus melanarius*, *Poecilus cupreus*, *Broscus cephalotes*, *Harpalus latus*. Все они являются хищниками, которые питаются насекомыми, ракообразными и другими беспозвоночными. В варианте с системой поверхностно-отвальной обработки при внесении соломы совместно с NPK, видимо, складывались более благоприятные условия для растений, а также источники питания для данных видов жуужелиц. Многоножки представлены классом Diploroda, которые питаются растительными остатками, то есть являются источниками пищи для тех же жуужелиц.

В среднем за 2016–2018 гг. исследований и при усреднении по системам удобрений применение систем поверхностно-отвальной и поверхностной обработки вызвало достоверное повышение продуктивности вико-овсяной смеси и яровой пшеницы при максимальных значениях в варианте «О₃» – 36,12 ц к.ед./га (таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивность полевых культур при усреднении по изучаемым факторам, ц к.ед./га (при усреднении за 2016–2018 гг.)

Вариант опыта	ц к.ед./га
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»	
Отвальная, «О ₁ »	31,78
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	36,12
Поверхностная, «О ₄ »	34,32
НСР ₀₅	1,53
Фактор В. Система удобрений, «У»	
Без удобрений, «У ₁ »	41,05
Солома (3 т/га), «У ₃ »	43,19
Солома + NPK, «У ₅ »	60,51
NPK, «У ₆ »	59,67
НСР ₀₅	3,33

При усреднении по системам обработки почвы по сравнению с вариантом без удобрений, использование полной нормы минеральных удобрений как отдельно, так и вместе с соломой вызвало существенное повышение продуктивности полевых культур на 19,46 и 18,62 ц к.ед./га соответственно.

Выводы

Использование системы поверхностно-отвальной обработки при внесении соломы вместе с NPK обуславливает снижение численности почвенных нематод и повышение количества представителей полезной энтомофауны и продуктивности вико-овсяной смеси и яровой пшеницы. На дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве рекомендуется применение данных агроприёмов. В этом случае возможно повышение продуктивности вико-овсяной смеси и яровой пшеницы до 60,51 ц к.ед./га.

Литература

1. Вайшер Б., Браун Д. Д. Ф. Знакомство с нематодами: общая нематодология: учебник для студентов. М.: София, 2001. 228 с.
2. Матвеева Е. М. IX симпозиум Российского общества нематологов с международным участием «Нематоды естественных и трансформированных экосистем» (Петрозаводск, 27 июня 1 июля 2011 г.) // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 3. С. 146–147.

3. Савкина Е. В. Роль нематод в почвенных экосистемах // Почвоведение и агрохимия. 2011. № 2. С. 49–55.
4. Блохин Г. И., Александров В. А. Зоология. М.: Колос С, 2006. 512 с.
5. Романенко В. Н. Почвенная зоология. Томск: Томский государственный университет, 2013. 196 с.
6. Peterson H., Luxton M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes // Oikos. 1982. No. 39. P. 287–388.
7. Муминджанов Х. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие: теория и методика исследований. Анкара, 2015. 188 с.
8. Картамышев Н. И., Приходько В. Ю. Как преодолеть упадок земледелия // Земледелие. 2003. № 5. С. 21–22.
9. Лахидов А. И. Афидагроценокомплекс Центрально-Черноземной зоны. СПб, 1997. 200 с.
10. Сумароков А. М. Пути сохранения хищных жуужелиц в условиях интенсивной культуры озимой пшеницы // Тезисы докладов 3 Съезда украинского энтомологического общества. 1987. С. 190–191.
11. Cao Z.-P., Qiao Y.-H., Wang B.-Q., Xu Q. Влияние практики поддержания плодородия почвы на популяцию земляных червей в высоко продуктивной системе на севере Китая // Shangtai xulbao=Acta ecol. sin. 2004. P. 114–118.
12. Бабенко А. С., Булатова У. А., Нужных С. А. Методы учёта почвенных беспозвоночных Томск: Томский государственный университет, 2010. 196 с.

References

1. Weischer B., Brown D. D. F. Acquaintance with Nematodes: general nematology: a textbook for students. Moscow: Sofia, 2001. 228 p.
2. Matveeva E. M. IX International symposium “Nematodes of natural and transformed ecosystems” (Petrozavodsk, June 27 – July 1, 2011) // Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. 2011. No. 3. Experimental biology. P. 146–147.
3. Savkina E. V. The role of nematodes in soil ecosystems // Soil science and agrochemistry. 2011. No. 2. P. 49–55.
4. Blokhin G. I., Alekandrov V. A. Zoology. Moscow: Kolos S, 2006. 512 p.
5. Romanenko V. N. Soil zoology. Tomsk: Tomsk State University, 2013. 196 p.
6. Peterson N., Luxton M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes // Oikos. No. 1982. 39. P. 287–388.
7. Mumindzhanov Kh. Soil-protection and resource-saving agriculture: theory and methodology of research. Ankara, 2015. 188 p.
8. Kartamyshev N. I., Prikhodko V. Yu. How to overcome the decline of agriculture // Zemledelie. 2003. No. 5. P. 21–22.
9. Lakhidov A. I. Afidoagrotsenokompleks central black earth zone. Saint-Petersburg, 1997. 200 p.
10. Sumarov A. M. Ways of preservation of predatory ground beetles in conditions of intensive winter wheat culture // Abstracts of reports of the 3rd Congress of the Ukrainian Entomological Society. 1987. P. 190–191.
11. Cao Zhi-Ping, Qiao Yu-Hui, Wang Bao-Qing, Xu Qin. The influence of the practice of maintaining soil fertility on the population of earthworms in a highly productive system in northern China // Shangtai xulbao = Acta ecol. sin. 2004. P. 114–118.
12. Babenko A. S., Bulatova U. A., Nuzhnykh S. A. Methods of recording soil invertebrates Tomsk: Tomsk State University, 2010. 196 p.

UDC 631.467.2

Voronin A. N., Kotyak P. A.

INFLUENCE OF DIFFERENT AGRICULTURAL PRACTICES ON THE NUMBER OF SOIL FAUNA AND PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS

Summary. Soil fauna is a very informative and accessible for research indicator of the biological properties of soils. Animals living in the soil react very strongly to any changes in their habitat. The aim of the research was to determine the effect of different soil treatment systems and fertilizers on the number of soil fauna and productivity of field crops. The work was carried out on sod-podzolic gley mid-loamy soil on the experimental field of FSBEI HE ‘Yaroslavl State Agricultural Academy’ in 2016–2018. The experimental design included the following options: tillage system (factor A) – moldboard ploughing,

surface tillage with topsoil loosening, combined surface tillage and moldboard ploughing, surface tillage; application of fertilizer (factor B) – without fertilizer, N30, straw (3 t/ha), straw (3 t/ha) + N30, straw (3 t/ha) + NPK; NPK. The studied parameters were determined by generally accepted methods in crops of annual grasses and spring wheat. The use of straw, both in pure form and together with NPK, caused a significant decrease in the number of nematodes in a layer of 0–10 cm by 14.17 and 19.09 pcs., respectively. The use of fertilizers according to straw + NPK and NPK variants caused a statistically significant decrease in the number of nematodes in a layer of 10–20 cm by 12.28 and 7.69, respectively. The use of straw + NPK caused a statistically significant increase in the number of earthworms and ground beetles in the 0–10 cm layer by 10.16 and 4.69 individuals/m², respectively. The use of the surface-dump treatment system provided a significant increase in the number of earthworms and ladybug larvae in a layer of 10–20 cm by 2.61 and 7.81 individuals/m², respectively. On average, according to the factors, the use of fertilizers on the background straw + NPK caused a significant increase in the number of earthworms, ground beetles and ladybird larvae. The use of surface dumping and surface treatment systems has caused a significant increase in the productivity of field crops with maximum values on the surface dumping – 36,12 centner of fodder units/ha. When averaged over tillage systems, the use of the full rate of mineral fertilizers, both separately and together with straw, caused a significant increase in the productivity of the vetch-and-oat mixture and spring wheat by 19,46 and 18,62 centner of fodder units/ha, respectively.

Keywords: *soil fauna, number of nematodes, soil treatment system, fertilizer system, productivity of field crops.*

Воронин Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»; 150042, Россия, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58; e-mail: voronin@yarcx.ru.

Котьяк Полина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»; 150042, Россия, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58; e-mail: p.kotyak@yarcx.ru.

Voronin Aleksandr Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), assistant professor, Department of Agronomy, FSBEI HE “Yaroslavl State Agricultural Academy”; 58, Tutaevskoe shosse, Yaroslavl, 150042, Russia; e-mail: voronin@yarcx.ru.

Kotyak Polina Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), assistant professor, Department of Ecology, FSBEI HE “Yaroslavl State Agricultural Academy”; 58, Tutaevskoe shosse, Yaroslavl, 150042, Russia; e-mail: p.kotyak@yarcx.ru.

Дата поступления в редакцию – 01.04.2019.

Дата принятия к печати – 23.06.2019.