



DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.004

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТОКСИЧНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

П.А. Котьяк

к.с.-х.н., доцент кафедры экологии

ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

Дерново-подзолистая почва, токсичность, микробный токсикоз, яровой рапс, антропогенная нагрузка

Soddy podzolic soil, toxicity, microbial toxicosis, spring rape, man-caused load

Одним из экологически важных интегральных показателей состояния почв является её токсичность. Общая токсичность почв – это комплексный показатель, который отражает не только естественное плодородие, но и влияние, и взаимодействие различных факторов, оказывающих на почву как негативное, так и положительное воздействие (обработка почвы, внесение удобрений, загрязнение почв токсичными веществами и т.д.) [1].

Основой мониторинга вредных веществ в окружающей среде служит их предельно допустимая концентрация (ПДК) в воде, почве, продуктах питания. Но превышение ПДК химических веществ в исследуемых субструктурах служит лишь косвенным показателем их токсичности. Не всегда удаётся установить прямую зависимость между содержанием загрязнителя в среде и её пригодностью для обитания живых организмов. Почва может быть сильнозагрязнённой, но нетоксичной или слаботоксичной и, наоборот, слабозагрязнённой, но сильнотоксичной. Токсичное действие одних компонентов может быть нейтрализовано или усилено присутствием других, поэтому токсичность почвы не определяется токсичностью отдельных соединений, содержащихся в ней. Необходимо оценивать интегральную токсичность почвы, отражающую влияние всего комплекса [2; 3; 4].

Поэтому изучение токсичности почвы особенно актуально в агроценозах, где человек в значительной мере регулирует условия произрастания растений. Использование показателей токсичности при оценке агротехнических приёмов позволит усовершенствовать существующие технологии, чтобы избежать нежелательных сопутствующих эффектов при агрогенном воздействии на агроэкосистемы.

Целью данного исследования было выявление токсичности дерново-подзолистей почвы при сравнении различных фонов питания растений по отвалной и поверхностной системам основной обработки и как с использованием гербицида, так и без.

Методика

Работа проводилась в 2019 году на опытном поле ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве в посеве ярового рапса.

Исследования проводились по следующим факторам и вариантам:

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

1. Отвальная вспашка на 20–22 см с предварительным дискованием или лущением на 8–10 см, ежегодно, «О₁»;

2. Поверхностная: вспашка на 20–22 см с предварительным дискованием на 8–10 см в год закладки опыта + однократная поверхностная обработка на 6–8 см ежегодно, «О₂».

Фактор В. Система удобрений, «У»:

1. Без удобрений, «У₁»;

2. Использованная минеральная вата IZOVOL AGRO UNIVERSAL, «У₂»;

3. Органо-минеральный субстрат, «У₃»;

4. Обеззараженный куриный помёт, «У₄»;

5. Органо-минеральный субстрат + N₁₀₅P₁₅K₂₅, «У₅»;

6. N₁₀₅P₁₅K₂₅, «У₆».

Фактор С. Система защиты растений, «Г»:

1. Без гербицида, «Г₁»;

2. С гербицидом, «Г₂».

Из форм минеральных удобрений использовалась азофоска, мочевины и хлористый калий.

Куриный помёт, отработанные вегетационные маты и органо-минеральный субстрат были внесены в почву весной 2017 года под основную обработку. Куриный помёт заделывался в норму 41 ц/га, что в пересчёте на действующее вещество составляет N₈₀P₆₅K₄₀. Норма внесения минеральной ваты составила 2,1 ц/га.

В опыте применялся гербицид Шкипер, ВР в норме 0,3 л/га в фазу 3–4 настоящего листа рапса.

Для определения токсического состояния дерново-подзолистой почвы под воздействием разных уровней антропогенной нагрузки использовали метод почвенных пластинок. Степень токсичности почвы определяли по количеству проросших семян, длине проростков, а также количеству и длине корней тест-культуры (горчица белая). Контролем служили растения, развивающиеся на смоченной водой фильтровальной бумаге.

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывают индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) для тест-организма и, используя шкалу токсичности, определяют класс токсичности исследуемой почвы:

ИТФ = 0 (сверхвысокая токсичность); ИТФ < 0,50 (высокая токсичность); ИТФ = 0,50–0,70 (средняя токсичность); ИТФ = 0,71–0,90 (низкая токсичность); ИТФ = 0,91–1,10 (норма); ИТФ > 1,10 (стимуляция) [5].

Микробный токсикоз почвы определяли с помощью метода инициированного микробного сообщества (ИМС) по В.С. Гузееву. На поверхность исследуемой почвы в чашки Петри добавлялся крахмал в концентрации 0,1% (для выделения гидролитических микроорганизмов). При определении микробного токсикоза почвы методом ИМС использовали в качестве тест-объекта горчицу белую. По проценту всхожести выделяются три степени микробного токсикоза: низкая – всхожесть 76% и выше, средняя – от 50 до 75% и высокая – 49% и ниже [6].

Урожайность рапса ярового учитывали сплошным поделочно-точечным методом во всех повторениях опыта.

Результаты

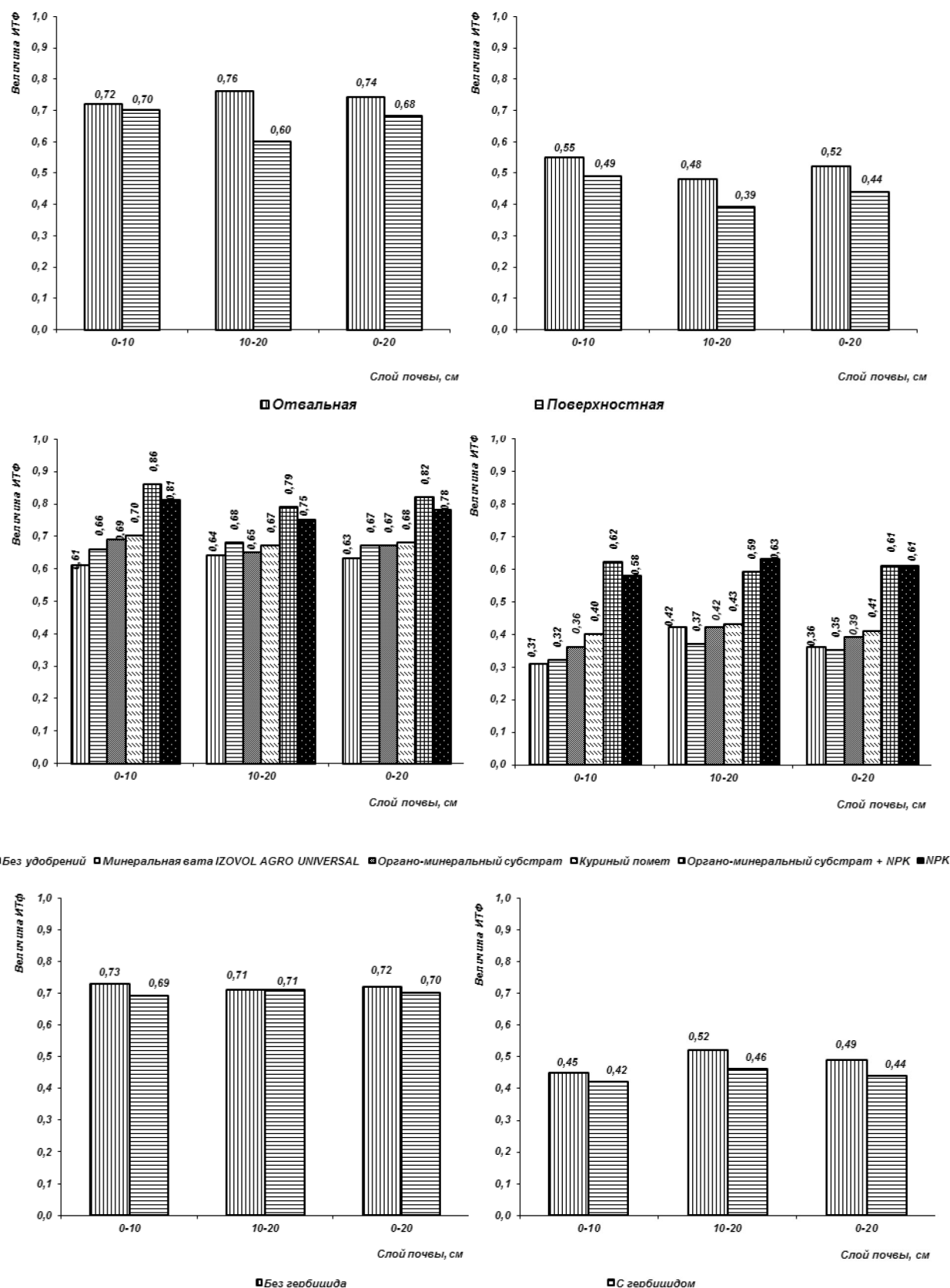
Токсичность почвы – это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений. Необходимость определения этого показателя возникает при мониторинге химически загрязнённых почв, при возможности использования в качестве удобрений или мелиорантов различных отходов, а также оценке уровня антропогенной нагрузки.

Токсичность почвы изучалась на всех вариантах опыта по двум слоям пахотного горизонта в два срока – в начале и в конце вегетации ярового рапса.

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что почва опытного участка в начале вегетации имела класс средней и низкой токсичности (ИТФ от 0,63 до 0,82), а в конце вегетации – класс высокой и средней токсичности (ИТФ от 0,35 до 0,55).

Анализ полученных данных показал, что к концу вегетации сельскохозяйственной культуры происходит нарастание общей токсичности дерново-подзолистой почвы, что может быть связано с накоплением метаболизма микроорганизмов, экссудатов культурных растений, концентрацией и воздействием привносимых в почву ксенобиотиков (рис. 1).

При расчёте роли изучаемых факторов в изменении общей токсичности почвы как в начале вегетации ярового рапса (рис. 1а), так и в конце вегетации культуры (рис. 1б) установили, что индекс токсичности выше при проведении отвальной обработки, где складываются благоприятные



а) – начало вегетации ярового рапса; б) – конец вегетации ярового рапса.

Рисунок 1 – Влияние разных по интенсивности систем основной обработки, удобрений и защиты растений на общую токсичность почвы

условия для прорастания и развития тест-объекта. Однако различия в значениях индекса токсичности по вариантам систем обработки почвы были незначительными как по слоям, так и в целом по пахотному горизонту.

Следует отметить определенную тенденцию увеличения токсичности почвы с глубиной на вариантах с поверхностной обработкой, что можно объяснить ростом численности микроорганизмов, которые образуют токсичные для растений вещества.

Изучаемые системы удобрений в среднем по системам обработки и защиты растений по-разному влияли на изменение индекса токсичности (рис. 1).

Так, изучаемые фоны питания «Минеральная вата IZOVOL AGRO UNIVERSAL», «Органо-минеральный субстрат» и «Куриный помёт» обеспечили степень токсичности на уровне фона «Без удобрений» в оба срока отбора образцов. Почвенные пробы, отобранные на данных вариантах, были оценены на уровне средней токсичности в нача-

ле вегетации и высокой токсичности – в конце вегетации культуры.

Применение полных минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с органо-минеральным субстратом не способствовало проявлению токсического эффекта. При этом следует отметить, что изменение индекса токсичности на данных вариантах было достоверным по всем слоям пахотного горизонта как в начале, так и в конце вегетации по сравнению с фоном «Без удобрений». На данных вариантах применение минеральных удобрений сдерживало токсикологические процессы в почве.

Применение пестицидов помогает вырастить и сохранить урожай, но даёт и отрицательные последствия. Гербициды, уничтожая сорную растительность, разрушают экологию и приводят к гибели многих животных.

Применяемый в 2019 году гербицид Шкипер не повлиял на изменение токсичности почвы как по обоим слоям, так и в целом по пахотному горизонту в оба срока отбора почвенных образцов.

Таблица 1 – Характеристика микробного токсикоза почвы по всхожести тест-культуры, %

Вариант	Индукцированные			Контроль		
	Слой почвы, см					
	0–10	10–20	0–20	0–10	10–20	0–20
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»						
Отвальная, «О ₁ »	<u>75,28</u> средняя	<u>71,33</u> средняя	<u>71,72</u> средняя	<u>66,00</u> средняя	<u>64,72</u> средняя	<u>64,78</u> средняя
Поверхностная, «О ₂ »	<u>72,06</u> средняя	<u>62,78</u> средняя	<u>67,78</u> средняя	<u>55,28</u> средняя	<u>52,61</u> средняя	<u>57,17</u> средняя
Фактор В. Система удобрений, «У»						
Без удобрений, «У ₁ »	<u>79,83</u> низкая	<u>70,17</u> средняя	<u>75,33</u> средняя	<u>72,50</u> средняя	<u>59,17</u> средняя	<u>68,00</u> средняя
Минеральная вата IZOVOL AGRO UNIVERSAL, «У ₂ »	<u>70,50</u> средняя	<u>71,33</u> средняя	<u>74,67</u> средняя	<u>63,50</u> средняя	<u>62,83</u> средняя	<u>61,33</u> средняя
Органо-минеральный субстрат, «У ₃ »	<u>53,00</u> средняя	<u>56,33</u> средняя	<u>54,50</u> средняя	<u>45,17</u> высокая	<u>63,17</u> средняя	<u>61,50</u> средняя
Куриный помёт, «У ₄ »	<u>73,83</u> средняя	<u>63,00</u> средняя	<u>63,33</u> средняя	<u>56,67</u> средняя	<u>47,00</u> высокая	<u>51,50</u> средняя
Органо-минеральный субстрат + NPK, «У ₅ »	<u>78,17</u> низкая	<u>74,00</u> средняя	<u>76,17</u> низкая	<u>61,67</u> средняя	<u>61,33</u> средняя	<u>60,50</u> средняя
NPK, «У ₆ »	<u>86,67</u> низкая	<u>67,50</u> средняя	<u>74,50</u> средняя	<u>64,33</u> средняя	<u>58,50</u> средняя	<u>63,00</u> средняя
Фактор С. Система защиты растений, «Г»						
Без гербицида, «Г ₁ »	<u>75,78</u> средняя	<u>65,67</u> средняя	<u>69,78</u> средняя	<u>60,17</u> средняя	<u>62,06</u> средняя	<u>61,19</u> средняя
С гербицидом, «Г ₂ »	<u>71,56</u> средняя	<u>68,44</u> средняя	<u>69,72</u> средняя	<u>61,11</u> средняя	<u>55,28</u> средняя	<u>60,75</u> средняя

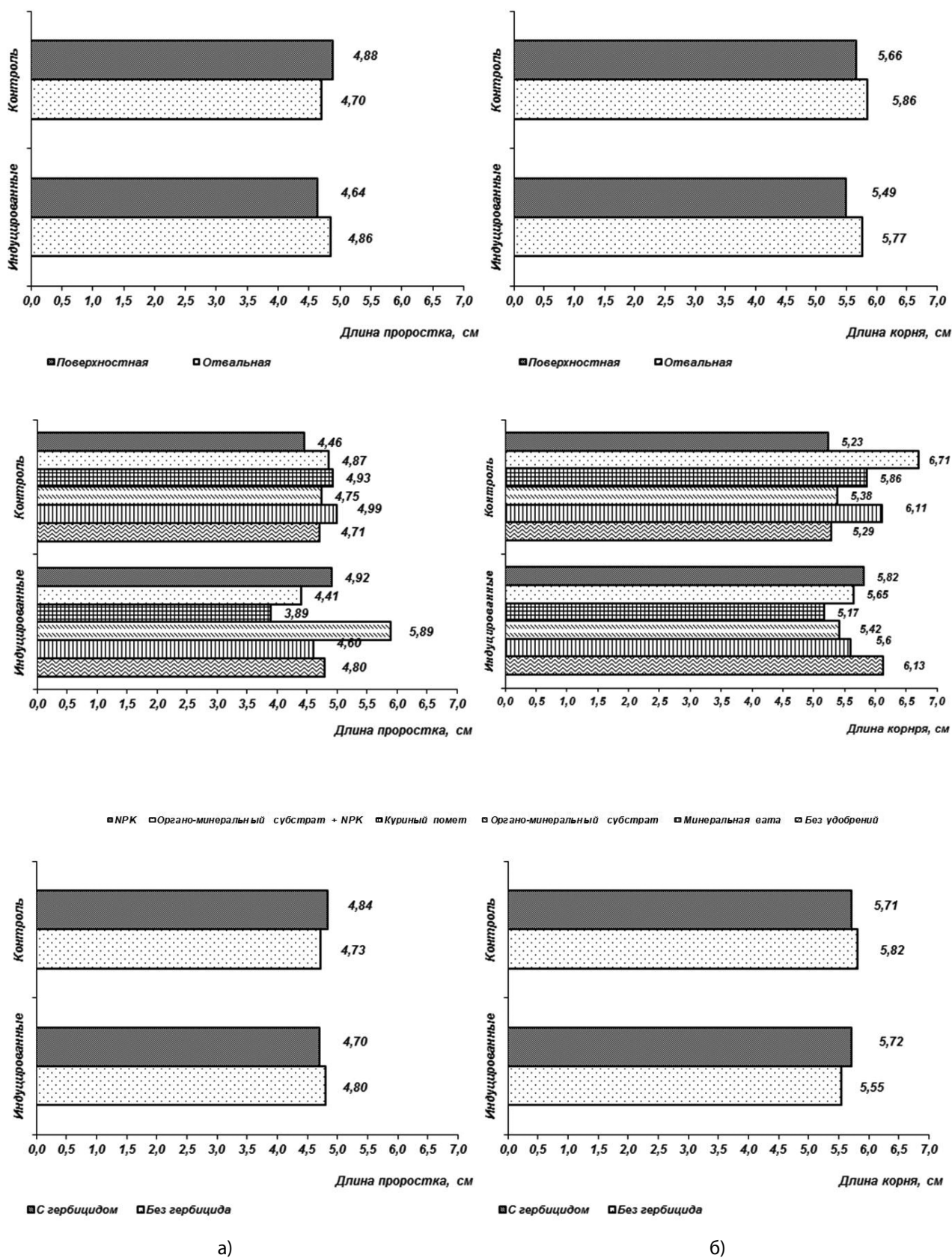


Рисунок 2 – Микробный токсикоз. Средние показатели длины проростка (а) и длины корня (б) тест-культуры (слой 0–20 см)

Плодородие почвы также неразрывно связано с жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов, и все агрономические мероприятия оказывают существенное влияние на её микрофлору. Именно почвенные организмы разлагают органические вещества, образовавшиеся в наземной экосистеме при фотосинтезе, и снабжают растения доступными ресурсами. В то же время микроорганизмы, особенно почвенные микомицеты, способствуют накоплению в почве микотоксинов.

Оценка микробиологической токсичности почвы исследуемых вариантов опыта по всхожести семян тест-культуры показала в основном средний уровень микробного токсикоза: 69,75% – на индуцированных образцах, 60,97% – на контрольных образцах (табл. 1), что говорит об относительно благоприятном фитосанитарном состоянии.

Установлена зависимость показателей всхожести семян горчицы белой от систем обработки почвы: поверхностная обработка провоцирует развитие микробного токсикоза как по слоям, так и в целом в пахотном горизонте.

В варианте с использованием органо-минерального субстрата с полными минеральными удобрениями микробиологическая токсичность не возникает. Такого рода провокация развития токсикогенных форм микроорганизмов, особенно гидролитиков, проявляется в варианте с крахмалом – всхожесть составляет 76,17% в слое 0–20 см.

Применение гербицида в варианте с индукцией микробного сообщества крахмалом также приводит к формированию средней степени токсичности.

Анализ данных, полученных в результате измерения длины проростка и корня проростка тест-культуры (рис. 2), показал, что значения регистрировались аналогично всхожести, т.е. микробный токсикоз на индуцированных вариантах не проявлялся.

Эффект от антропогенной нагрузки на почву определяется не только уровнем плодородия, в том числе токсического эффекта, но и урожайностью сельскохозяйственных культур.

В целом урожайность зелёной массы ярового рапса находилась на невысоком уровне, что могло быть связано с неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода.

Результаты учёта урожая зелёной массы ярового рапса показали, что проведение поверхностной обработки характеризовалось достоверным снижением урожайности на 19,83 ц/га, по сравнению с отвальной обработкой почвы.

Повышение фона питания обеспечило прибавку урожая зелёной массы ярового рапса на 8,67–93,42 ц/га. Применение минеральной ваты способствовало незначительному снижению урожайности культуры.

Из изучаемых систем удобрений существенные прибавки урожая получены на фонах «Органо-минеральный субстрат», «Куриный помёт» и «Органо-минеральный субстрат + NPK», «NPK». Наибольший уровень урожайности (184,00 ц/га) был получен на варианте совместного применения органо-минерального субстрата с полными минеральными удобрениями.

Действие гербицида Шкипер увеличило урожайность изучаемой сельскохозяйственной культуры на 21,05 ц/га.

Выводы

Определение токсичности почвы в условиях интенсивной антропогенной нагрузки может служить дополнительным диагностическим показателем её воздействия на почву и качество получаемой продукции.

Таким образом, проведённые исследования по установлению влияния антропогенной нагрузки на токсический статус дерново-подзолистой почвы в условиях Ярославской области показали, что лучшими характеристиками обладают варианты: система отвальной обработки почвы, фон «Органо-минеральный субстрат + NPK» как с внесением гербицида, так и без его применения при возделывании ярового рапса. В этих условиях снижается общая токсичность почвы, статус микробного токсикоза не меняется, что позволяет сохранять почвенное плодородие, иметь оптимальное фитосанитарное состояние и получать качественный урожай выращиваемых культур.

Литература

1. Зинченко, М.К. Влияние уровня антропогенной нагрузки на токсичность серой лесной почвы [Текст] / М.К. Зинченко, Л.Г. Стоянова // Владимирский земледелец. – 2010. – № 4. – С. 26–27.
2. Биотестирование как наиболее целесообразный метод определения интегральной токсичности почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecolocate.ru/locats-381-2.html> (дата обращения: 28.04.2020).

3. Котьяк, П.А. Оценка токсического состояния дерново-подзолистой почвы при разных уровнях питания [Текст] / П.А. Котьяк // Управление плодородием и улучшение агроэкологического состояния земель: сб. науч. тр. по материалам II Всеросс. (нац.) науч.-практ. конф. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2019. – С. 49–54.

4. Котьяк, П.А. Оценка токсичности дерново-подзолистой почвы в зависимости от применяемых агроприемов [Текст] / П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина, А.Н. Воронин // Материалы Всероссийской (национальной) конференции, посвященная 90-летию гидромелиоративного факультета ОмСХИ (факультета водохозяйственного строительства ОмГАУ), 55-летию факультета агрохимии и почвоведения, 105-летию профессора, доктора географических наук, заслуженного деятеля науки РСФСР Мезенцева Варфоломея Семеновича. – Омск, 2019. – С. 696–702.

5. Трояновская, Е.С. Оценка состояния почв городских территорий методом комплексного биотестирования [Текст] / Е.С. Трояновская, О.В. Абросимова, Е.И. Тихомирова // Теоретическая и прикладная экология. – 2011. – № 2. – С. 32–36.

6. Мирчинк, Т.Г. Почвенная микология [Текст] / Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, 1988. – 204 с.

References

1. Zinchenko, M.K. Vlijanie urovnja antropogennoj nagruzki na toksichnost' seroj lesnoj pochvy [Tekst] / M.K. Zinchenko, L.G. Stoyanova // Vladimirskij zemledec. – 2010. – № 4. – S. 26–27.

2. Biotestirovanie kak naibolee celesoobraznyj metod opredelenija integral'noj toksichnosti pochvy [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.ecolocate.ru/locats-381-2.html> (data obrashhenija: 28.04.2020).

3. Kotyak, P.A. Ocenka toksicheskogo sostojanija dernovo-podzolistoj pochvy pri raznyh urovnjah pitaniya [Tekst] / P.A. Kotyak // Upravlenie plodorodiem i uluchshenie agrojekologicheskogo sostojanija zemel': sb. nauch. tr. po materialam II Vseross. (nac.) nauch.-prakt. konf. – Jaroslavl': Izd-vo FGBOU VO Jaroslavskaja GSHA, 2019. – S. 49–54.

4. Kotyak, P.A. Ocenka toksichnosti dernovo-podzolistoj pochvy v zavisimosti ot primenjaemyh agroprimov [Tekst] / P.A. Kotyak, E.V. Chebykina, A.N. Voronin // Materialy Vserossijskoj (nacional'noj) konferencii, posvjashhennaja 90-letiju gidromeliorativnogo fakul'teta OmSHI (fakul'teta vodohozjajstvennogo stroitel'stva OmGAU), 55-letiju fakul'teta agrohimii i pochvovedenija, 105-letiju professora, doktora geograficheskikh nauk, zaslužennogo dejatelja nauki RSFSR Mezentseva Varfolomeja Semenovicha. – Omsk, 2019. – S. 696–702.

5. Trojanovskaya, E.S. Ocenka sostojanija pochv gorodskih territorij metodom kompleksnogo biotestirovanija [Tekst] / E.S. Trojanovskaya, O.V. Abrosimova, E.I. Tikhomirova // Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. – 2011. – № 2. – S. 32–36.

6. Mirchink, T.G. Pochvennaja mikologija [Tekst] / T.G. Mirchink. – M.: MGU, 1988. – 204 s.

