

## БИОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК: 631. 51. 445. 4.

Савкина Е.В. Джаланкузов Т.Д.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В ЧЕРНОЗЕМАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии  
имени У.У. Успанова, 050060, г. Алматы, проспект аль-Фараби, 75, Казахстан,  
e-mail: d.temirbolat@bk.ru*

**Аннотация.** Проводили экологический мониторинг почвенных нематод в южных и обыкновенных черноземах Северного Казахстана. Изучали количественный и фаунистический состав, динамику численности, трофическую структуру почвенных нематод. Определены индексы, показывающие состояние почвенных экосистем. Условия обитания свободноживущих и всеядных нематод в южных и обыкновенных черноземах похожи, так как значения индекса MI близкие.

**Ключевые слова:** фауна, динамика численности, мониторинг, трофическая структура, биоиндикация.

#### ВВЕДЕНИЕ

В пахотных почвах Казахстана наблюдается постоянное снижение содержания гумуса, ухудшаются их биологические свойства. Минеральные удобрения при их нерегулируемом применении накапливаются в почве и грунтовых водах, вовлекаются в биогеохимические потоки, загрязняют природные объекты. Агроэкосистемы, утратившие видовое разнообразие, свойственное естественным, превратились в простые одновидовые, а, следовательно, и неустойчивые сообщества. Поддержание их состояния, которое обеспечивает необходимый уровень урожайности, с каждым годом требует все больших и больших затрат. В целом воздействие сельскохозяйственного производства на окружающую среду стало настолько сильным, что это может быть причиной подрыва плодородия пахотных земель в будущем и постепенной деградации отдельных структурных компонентов агроландшафтов. Поэтому так важно проводить мониторинг состояния почвы. Получаемая на базе мониторинга информация об изменении свойств почвы, почвенных режимов и процессов под воздействием естественных факторов почвообразования и антропогенных нагруз-

зок служит основой для моделирования почвенного плодородия.

Задачи сохранения, восстановления и улучшения почвенных ресурсов составляют важнейший раздел экологизации деятельности человека в сфере сельскохозяйственного производства. Экологические последствия загрязнения почв проявляются позже загрязнений атмосферы и гидросферы, однако они более устойчивы и долговременны. Поэтому охрана почв и охрана биосферы возможны только, на основе почвенно-экологического мониторинга. Мониторинг – система длительных наблюдений за изменениями свойств почв. Биоиндикация – главный метод биологического мониторинга, т. е. мониторинга биоты экосистемы.

В настоящее время существует очень мало методов, позволяющих измерить силу антропогенного воздействия на экосистему почвы. Поэтому во всем мире возрастает интерес к изучению почвенных организмов и их среды обитания как индикаторов состояния и качества почвенных экосистем [1-5]. Почвенно-зоологические исследования охватывают широкий круг современных проблем, связанных с изучением: популяционной структуры и динамики сообществ; специфики биотических

связей и структурных особенностей пищевых цепей в почве; роли почвенной биоты в системе биоиндикации, антропогенных воздействий на природные экосистемы и биомониторинга окружающей среды. Биоиндикация антропогенных факторов – это определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций разных организмов и их сообществ. Почвенная фауна оказывается более чутким индикатором изменений, чем растения, обладающие значительной инерцией по отношению к ним.

Экологический метод диагностики почв, разработанный М.С. Гиляровым, основан на анализе состава животного населения почв, соотношения отдельных его компонентов, численности и экологических особенностей входящих в них популяций. Эти показатели могут быть использованы как индикатор свойств почвы, ее плодородия: каждый вид заселяет те местообитания, где создаются оптимальные условия для его жизнедеятельности. По степени сходства почвенной фауны сравниваемых участков можно говорить об идентичности типов почв.

Почва вместе с ее флорой и фауной образуют сложные экосистемы, которые изменяются в зависимости от экологических условий. Живые организмы являются мощным фактором почвообразования [1-6]. В то же время почва является жизненной средой для флоры и фауны, обуславливающей их распространение, численность, видовой состав и другие особенности. Была установлена тесная взаимосвязь между типом почвы и комплексами организмов [1, 7]. Характеристики почвенных организмов и самих почв не только по отдельности зависят от климатических, рельефных и других факторов, но и взаимосвязаны между собой. Поэтому, чтобы охарактеризовать те или иные особенности формирования и развития экосистем почвы, необходимо изучать качественный и количественный со-

став всех ее компонентов, в том числе и живых организмов. Показателем состояния почвенных экосистем являются почвенная флора и фауна.

Одними из самых многочисленных организмов из почвенных беспозвоночных, богатых по видовому составу являются почвенные нематоды. Среди почвенной зоофауны нематоды являются наиболее многочисленными и разнокачественными организмами. Они составляют до 90 % от численности беспозвоночных любого биоценоза и более 10 % по биомассе [8]. Нематоды распространены повсеместно. Они известны везде, где проводились исследования от арктической тундры до сыпучих песков пустынь и высокогорий [8-12]. Их количество, биоразнообразие, пищевые привычки взаимосвязаны со свойствами почвы.

Нематоды в почвенных экосистемах выполняют очень важные биогеоценотические функции. В связи приуроченности к разным источникам питания, они участвуют в разложении и минерализации органического вещества, делая его доступным для растений, грибов и бактерии [13-18]. Нематоды бактериотрофы и микотрофы регулируют численность как полезных, так и патогенных бактерий и грибов, подавляя либо стимулируя их рост и развитие.

Некоторые изменения температуры, влажности структуры, механического и химического состава среды обитания нематод влияют на их пищевые источники и будут отражены в биоразнообразии и количестве сообщества нематод [19-22]. Особенно большое внимание придается изменению сообщества паразитических нематод. Потому, что они приносят значительный экономический ущерб урожаю сельскохозяйственных культур. Обилие нематод, трофические характеристики, их разнообразие, доминирование, индекс зрелости могут использоваться как показатели воздействия агротехники. Анализ структуры сообщества почвен-

ных нематод может показать интенсивность влияния различных факторов на устойчивость экосистемы почвы. Анализы для определения влияния хозяйственной деятельности на структуру популяций нематод и их функции основаны на видовом, родовом разнообразии либо разнообразии семейств нематод, а также обилии трофических групп [23-30].

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Мониторинговые исследования почвенных нематод проводились в 2012-2014 годах в южных и обыкновенных черноземах Костанайской области на целине и пашне на глубине 0-10, 10-20 и 20-30 см весной, летом и осенью. Нематод выделяли вороночным методом Бермана из 50 см<sup>3</sup> почвы, фиксировали 4 % формалином. Далее из полученной суспензии нематод выбирали на предметные стекла и готовили препараты для микроскопирования по методу Кирьяновой. Численность нематод подсчитывали под биноклем МБС-9 в часовом стекле, разделенном на 8 секторов. Изучались статические и динамические характеристики популяций почвенных нематод – их количественный и качественный состав.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Количественный состав нематод.* Плотность нематод является основной количественной характеристикой попу-

ляции. Количественный анализ показал, что плотность нематод (в среднем за вегетацию за 3 года) в черноземе обыкновенном на целине составляла 341,4 экз. в 50 см<sup>3</sup> на глубине 0-10 см, а на пашне она была в 2 раза ниже. Это можно объяснить богатой и обильной растительностью целины – пищевой базы для нематод. На глубине 10-20 см она практически не отличалась, а на глубине 20-30 см на пашне она была в 1,8 раза ниже, чем на целине. В черноземе южном наблюдались те же закономерности при сравнении целины и пашни. Черноземы обыкновенные более богаты по количественному составу нематод, чем южные. Плотность нематод в целинных почвах обыкновенных черноземов на разной глубине была в 1,3-1,6 раза, а в пахотных почвах – в 1,3–1,9 раза выше, чем в южных. Вероятно, одна из причин большее содержание гумуса в обыкновенных черноземах, чем в южных и как результат – более обильная корневая масса. Гумус является пищей для сапрофагов, микофагов и полифагов, а корни растений – пищей для фитофагов и полифагов.

Средняя за 3 года плотность как в черноземах обыкновенных, так и в южных значительно снижалась вглубь разреза (рисунок 1).

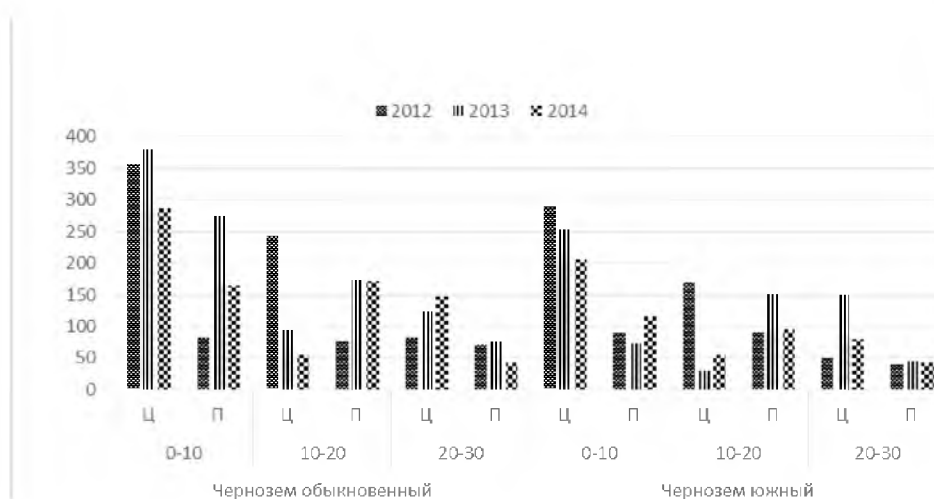


Рисунок 1 – Средняя за сезон плотность нематод в черноземе обыкновенном и южном

В черноземах обыкновенных на целине плотность нематод снижалась в 2,0–2,9 раза до глубины 20–30 см, на пашне в 1,2–2,7 раза. В черноземах южных – те же закономерности на целине и пашне (рисунок 1).

Обозначения в рисунке 1: Ц – целина, П – пашня. Плотность дана в экземплярах в 50 см<sup>3</sup> почвы.

#### Качественный состав нематод

Результаты исследований показали, что в южных и обыкновенных черноземах фауна нематод была представ-

лена 15 семействами из которых 15 было обнаружено в обыкновенных черноземах, 14 – в южных. Биоразнообразие семейств в обоих типах почвы схожее, причем оно уменьшалось вглубь разреза (таблица 1). В обыкновенных черноземах, в отличие от южных было обнаружено семейство *Discolaimidae* (рисунок 2). Это всеядные нематоды, головной конец которых имеет форму диска. Биоразнообразие фауны целины, в основном, выше, чем пашни в черноземах обыкновенных и южных.



Рисунок 2 – Нематода семейства *Discolaimidae* [31]

Анализ процентного соотношения семейств нематод показал, что на первом месте по фаунистической значимости в черноземах обыкновенных и южных на целине и пашне было семейство *Cephalobidae*, составляющее в черноземе обыкновенном 22,3–33,5 %, а в черноземе южном – 31,2–45,0 % (таблица 1). Следующие по фаунистической значимости – семейства *Dorylaimidae*, и *Oadsianematidae*, составляющие 8,6–16,9 % в черноземах обыкновенных и южных. В черноземах южных и обыкновенных на пашне на глубине 20–30 см значителен процент пратиленхов сем. *Pratylenchidae* (9,5–21,7 %), являющихся самыми опасными для пшеницы и дру-

гих сельскохозяйственных культур. Они являются эндопаразитами и имеют мощный стилет, которым прокалывают клетки корней. В некоторых случаях на глубине 20–30 см на втором месте по фаунистической значимости как на целине так и на пашне являлись паразитические нематоды семейства *Longidoridae* – 10,1–15,1 %. Нематоды семейств *Aphelenchidae* и *Aphelenchoididae* на пашне и целине часто были малочисленны и составляли 2,3–10,0 % (таблица 1). Редко встречающимися и малочисленными также были семейства *Rhabditidae*, *Plectidae*, составляющие 0,5–2,2 % от общей численности.

Таблица 1 – Средний за 3 года процент содержания семейств почвенных нематод в черноземах обыкновенных и южных

| Семейства нематод       | Чернозем обыкновенный |       |        |       |        |       | Чернозем южный |       |        |       |        |       |
|-------------------------|-----------------------|-------|--------|-------|--------|-------|----------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                         | 0-10                  |       | 10-20  |       | 20-30  |       | 0-10           |       | 10-20  |       | 20-30  |       |
|                         | Целина                | Пашня | Целина | Пашня | Целина | Пашня | Целина         | Пашня | Целина | Пашня | Целина | Пашня |
| <i>Rhabditidae</i>      | 0,73                  | -     | -      | -     | -      | -     | 0,5            | 0,67  | -      | -     | -      | -     |
| <i>Plectidae</i>        | 2,57                  | 1,9   | -      | 2,27  | 0,67   | 1,27  | 1,57           | 1,43  | 1,1    | 1,4   | 1,93   | -     |
| <i>Cephalobidae</i>     | 35,63                 | 31,23 | 30,26  | 45,03 | 32,23  | 33,83 | 33,8           | 33,56 | 22,33  | 35,03 | 32,66  | 24,0  |
| <i>Panogrolaimida</i>   | 3,83                  | 3,66  | 0,77   | 4,1   | 0,67   |       | 2,5            | 2,0   | 2,1    | 5,3   | 1,37   | 1,0   |
| <i>Aphelenchidae</i>    | 4,9                   | 3,23  | 4,43   | 6,03  | 7,36   | 0,57  | 10,06          | 3,9   | 3,43   | 6,63  | 4,1    |       |
| <i>Aphelenchoididae</i> | 4,6                   | 3,56  | 2,3    | 2,83  | 4,2    | 2,6   | 7,23           | 4,43  | 3,43   | 3,86  | 2,7    | 3,7   |
| <i>Tylenchidae</i>      | 3,66                  | 3,66  | 1,4    | 3,13  | 4      | 1,4   | 5,26           | 3,1   | 3,9    | 3,93  | 3,5    | 0,77  |
| <i>Nothotylenchidae</i> | 7,13                  | 3,1   | 2,27   | 2,5   | 2,13   | -     | 7,4            | 5,56  | 1,67   | 5,23  | 3,53   |       |
| <i>Paratylenchidae</i>  | 1,93                  | 2,6   | 5,0    | 2,27  | 3,7    | 5,5   | 2,06           | 2,93  | 10,25  | 1,5   | 4,75   | 3,3   |
| <i>Hoplolaimidae</i>    | 2,33                  | 7,4   | 5,23   | 2,77  | 4,63   | 8,9   | 1,93           | 3,47  | 6,9    | 7,17  | 6,66   | 4,2   |
| <i>Pratylenchidae</i>   | 1,63                  | 2,43  | 6,7    | -     | 4,57   | 9,47  | -              | 2,57  | 5,67   | 1,57  | 4,2    | 21,7  |
| <i>Longidoridae</i>     | 0,67                  | 3,27  | 10,15  | 2,37  | 7,5    | 10,05 | -              | 4,67  | 13,35  | -     | 5,15   | 15,15 |
| <i>Dorylaimidae</i>     | 10,66                 | 15,8  | 11,0   | 11,76 | 15,3   | 14,76 | 14,93          | 16,9  | 12,7   | 12,83 | 15,43  | 13,33 |
| <i>Oadsianematidae</i>  | 9,33                  | 15,76 | 9,9    | 11,53 | 8,57   | 11,86 | 10,3           | 12,46 | 11,23  | 10,73 | 11,43  | 11,66 |
| <i>Alaimidae</i>        | 10,43                 | 2,43  | 2,7    | 3,46  | 3,4    | -     | 2,7            | 2,33  | 2,1    | 5,8   | 2,6    | 1,33  |
| <i>Discolaimidae</i>    | -                     | -     | 7,97   | -     | 1,07   | -     | -              | -     | -      | -     | -      | -     |
| Всего нематод:          | 341,4                 | 174,9 | 131,6  | 140,3 | 117,7  | 64,1  | 250,1          | 93,1  | 85,1   | 113,1 | 93,7   | 42,9  |
| Всего семейств          | 15                    | 14    | 10     | 13    | 12     | 9     | 13             | 14    | 12     | 12    | 14     | 10    |
| <b>MI</b>               | 2,05                  | 2,06  | 2,08   | 1,91  | 1,86   | 1,65  | 1,92           | 2,04  | 1,93   | 1,98  | 1,78   | 1,52  |
| <b>PPI</b>              | 0,47                  | 0,61  | 0,64   | 0,37  | 0,69   | 1,10  | 0,38           | 0,72  | 1,26   | 0,37  | 0,87   | 1,42  |

### Биоиндикация

Биоиндикация – главный метод биологического мониторинга, т. е. мониторинга биоты экосистемы. Показателем условий почвенной экосистемы, базирующимся на фаунистическом и количественном составе нематод, является индекс зрелости (MI), предложенный Бонгерсом [27-29]. При его определении важным является соотношение между «колонизаторами» (с) и «сохраняющимися» (р). К «колонизаторам» (с) относятся нематоды, которые часто доминируют в образцах, имеют высокие плотности популяций, объемные гонады, короткий жизненный цикл, и откладывают большое количество яиц. Они живут в разнообразных местообитаниях. Это характерно для г-стратегии, представителями которой являются виды семейств: *Rhabditidae*, *Cephalobidae*, *Plectidae*, *Panogrolaimidae*, *Diplogasteridae* [29]. С другой стороны - «сохраняющиеся» (р) имеют длинный жизненный цикл, маленькие гонады, мало потомства, низкие «захватывающие» способности. В основном, живут в местообитаниях со стабильными условиями и чувствительны к нарушениям. Они имеют незначительные колебания численности популяций в течение года и никогда не принадлежат к

доминирующим видам в образце. К ним относятся виды семейств *Nygolaimidae*, *Discolaimidae* и другие. Многие виды и семейства имеют средние характеристики. Для определения индекса зрелости предлагается шкала с-р для разных семейств и формула для определения индекса, включающая значения плотности таксонов [29]. Индекс зрелости своим наибольшим значением показывает более устойчивую экосистему. Поэтому нематоды в настоящее время рассматриваются как биоиндикаторы почвенной экосистемы [26-30].

Индекс зрелости MI своим наибольшим значением показывает лучшие почвенные условия для жизни свободноживущих и всеядных нематод и лучшие условия состояния экосистемы почвы в целом. Определение индекса зрелости популяций нематод MI в среднем за 3 года, показало, что наиболее благоприятные условия сложились в южных и обыкновенных черноземах на целине и пашне на глубине 0-20 см (рисунки 3, 4). Условия обитания свободноживущих и всеядных нематод в южных и обыкновенных черноземах похожи, так как значения индекса MI в черноземах обыкновенных и южных близкие.

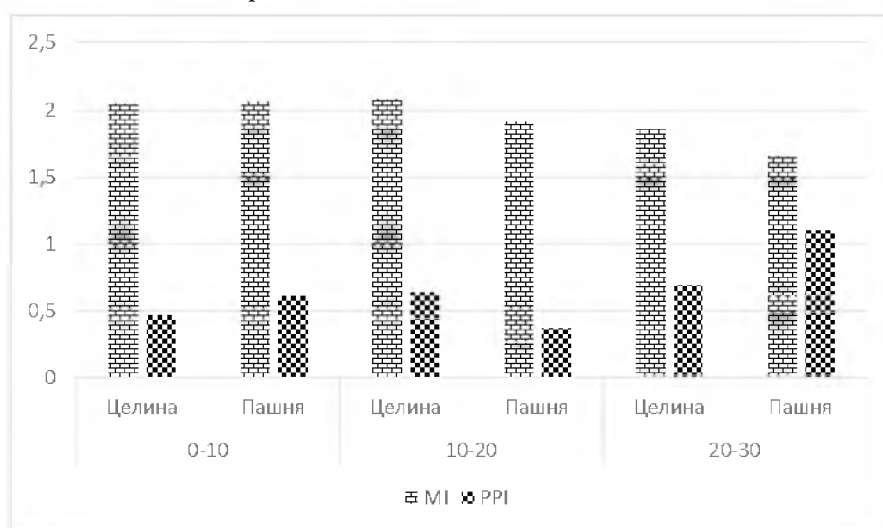


Рисунок 3 – Средние индексы зрелости (MI) и паразитирования (PPI) в черноземе обыкновенном

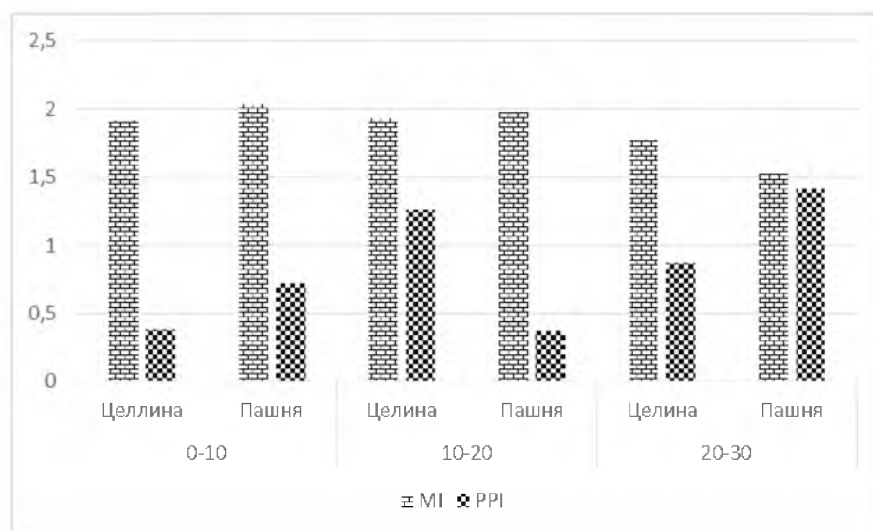


Рисунок 4 – Средние индексы зрелости (MI) и паразитирования (PPI) в черноземе южном

Индекс PPI, определяющий значение паразитических нематод в экосистеме почвы, в среднем за 2012-2014 годы достигал наибольшей величины во всех биотопах на глубине 20-30 см. В черноземах южных PPI достигает значительно больших значений, чем в обыкновенных. Условия черноземов южных были более благоприятными для паразитических нематод.

#### Трофическая структура

Согласно трофической классификации Етеса [13], основанной на способе питания и особенностях строения и функционирования ротовой полости и пищевода обнаруженные нематоды относятся к 4 трофическим группам: бактериотрофы, микотрофы, политрофы, фитотрофы.

**Бактериотрофы** – это потребители бактерий, свободноживущие нематоды, среди которых многие виды питаются только бактериями, всегда обильны в почве. У этих нематод «рот» или стома похожа на широкую трубу для заглатывания бактерий. Эта группа включает отряд *Rhabditida*, реже – другие отряды. Эти нематоды участвуют в разложении органики. Бактериотрофы в нашем материале были представлены семействами *Rhabditidae*, *Plectidae*, *Cephalobidae*.

**Микотрофы** – это потребители грибов. Они используют свой стилет для прокалывания гифы гриба. К ним относятся многие представители отряда *Aphelenchida*. Они играют важную роль в разложении органического вещества. Наряду с бактериотрофами они участвуют в минерализации почвы, в круговоротах веществ, возвращая питание растениям. В южных и обыкновенных черноземах были обнаружены микотрофы семейств: *Aphelenchidae* и *Aphelenchoididae*.

**Политрофы** – это всеядные – те виды нематод, которые могут питаться более чем одним видом пищи. Некоторые всеядные могут быть хищниками при отсутствии их характерного питания. Представители отряда *Dorylaimida* могут питаться грибами, водорослями и другими животными. Политрофы были представлены семействами: *Dorylaimidae*, *Oadsianematidae*, *Discolaimidae*, *Alaimidae*, *Panogrolaimidae*.

**Фитотрофы** – это потребители растений, хорошо изученные растительноядные паразиты. Фитотрофы приносят огромный вред урожаям растений по всему миру. Они питаются на корнях растений, прокалывая ткани корня, и высасывают содержимое клеток. Ротовая полость имеет стилет, ко-

торый используется для прокалывания клеток во время питания. Эндопаразиты проникают в корни и могут жить и питаться внутри них. Эктопаразиты остаются в почве и питаются на поверхности корней. Эта группа включает много видов отряда *Tylenchida*. Фитотрофы были представлены семействами - *Tylenchidae* и *Nothotylenchidae*, *Par-*

*atylenchidae*, *Hoplolaimidae*, *Longidoridae*. Вредоносность нематод – паразитов растений зависит от многих факторов, таких как вида и устойчивости растений, типа почвы, севооборотов, плотности нематод и других. Например, севообороты могут значительно уменьшить плотность и вредоносность популяций растительоядных нематод.

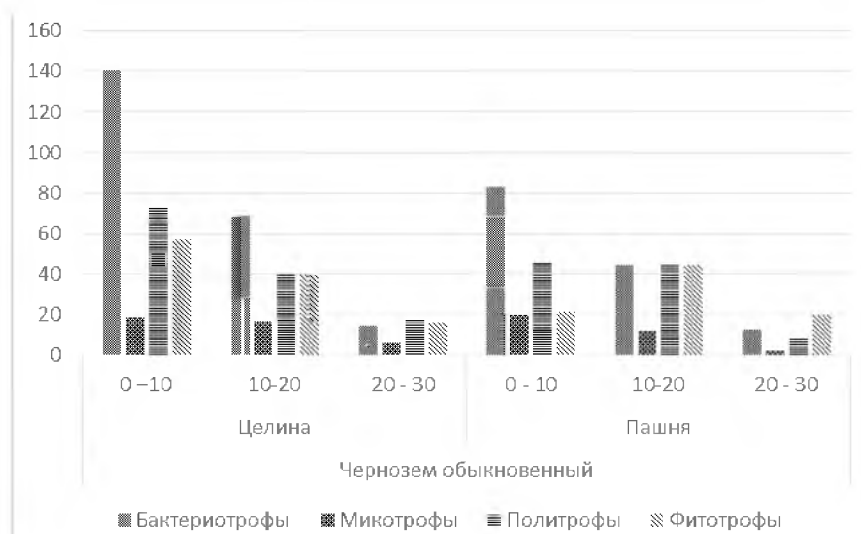


Рисунок 5 – Средняя плотность экологических групп нематод в черноземе обыкновенном

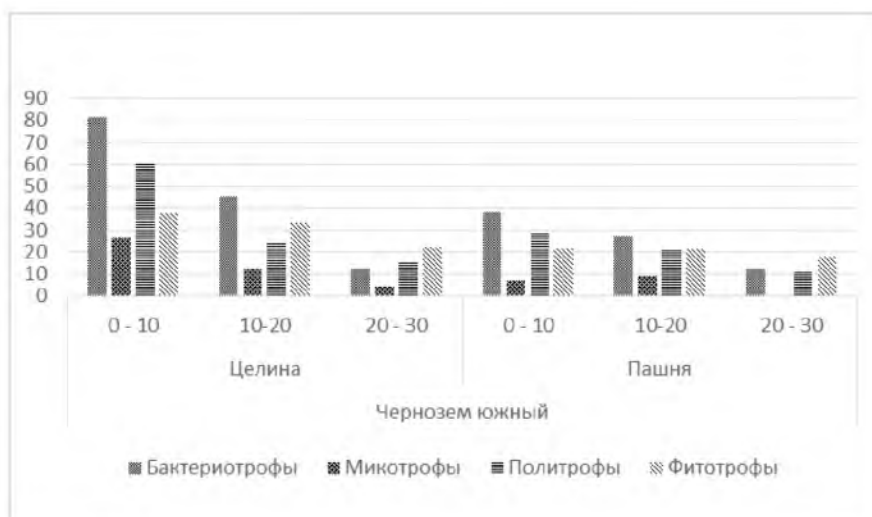


Рисунок 6 – Средняя плотность экологических групп нематод в черноземе южном

Бактериотрофы были самой многочисленной экологической группой нематод в черноземах южных и обыкновенных на целине и пашне (рисунок

5, 6). Политрофы на втором месте по численности, а фитотрофы - обычно на третьем. Микотрофы – малочисленная группа.



Таблица 2 – Средний процент экологических групп нематод в черноземах Северного Казахстана

| Экологические группы | Чернозем обыкновенный |       |       |       |       |       | Чернозем южный |       |       |       |       |       |
|----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | Целина                |       |       | Пашня |       |       | Целина         |       |       | Пашня |       |       |
|                      | 0-10                  | 10-20 | 20-30 | 0-10  | 10-20 | 20-30 | 0-10           | 10-20 | 20-30 | 0-10  | 10-20 | 20-30 |
| Бактериотрофы        | 42,76                 | 36,79 | 31,03 | 51,4  | 33,57 | 35,1  | 38,37          | 37,66 | 25,53 | 41,73 | 35,96 | 25    |
| Микотрофы            | 9,5                   | 6,79  | 6,73  | 8,86  | 11,56 | 3,17  | 17,29          | 8,33  | 6,86  | 10,49 | 6,8   | 3,7   |
| Политрофы            | 30,42                 | 33,99 | 31,57 | 26,75 | 28,34 | 26,62 | 27,93          | 31,69 | 26,03 | 29,36 | 29,46 | 26,32 |
| Фитотрофы            | 17,35                 | 22,46 | 30,75 | 13,04 | 26,53 | 35,32 | 16,65          | 22,3  | 41,74 | 19,4  | 27,79 | 45,12 |

Плотность всех экогрупп нематод на целине в черноземах обыкновенных, как и в предыдущие годы, выше, чем в южных: бактериотрофов на глубине 0-10 и 10-20 см – в 1,5 и 1,8 раза; микотрофов – одинакова и политрофов – в 1,5 и 2,0 раза выше; фитотрофов – в 1,9 раза выше. Повышение плотности экологических групп также отмечалось и в пахотных почвах черноземов обыкновенных, в сравнении с южными: бактериотрофов – до 1,8 раза, микотрофов – до 2,1 раза; политрофов – до 2,0, на глубине 0-20 см. На глубине 20-30 см различия незначительные (рисунок 5, 6).

Процентное соотношение трофических групп нематод показало, что в черноземах южных и обыкновенных на глубине 0-20 см часто преобладали бактериотрофы, составляющие 25,0–51,4 % (таблица 2). На втором месте обычно политрофы, составляющие до 34 % на целине и 29,4 – на пашне. А на глубине 20-30 см в черноземах часто преобладали фитотрофы, составляющие до 45,1 % на целине и пашне. Причем с глубиной процент бактериотрофов уменьшался, а фитотрофов – возрастал. Наименьшая доля микотрофов – 3,2–17,2 %. Таким образом, трофическая структура нематод в южных и обыкновенных черноземах схожая.

Полученные результаты могут быть использованы как дополнительной характеристики отдельных типов почв и почвенных горизонтов. Данные о соотношении различных эколого-трофических групп нематод позволяют судить об особенностях, протекающих в изученных типах почв биологических процессов, а таксономические характеристики нематодофауны отдельных типов почв (показатель доминирования, компонент многообразия, индекс зрелости Бонгера) свидетельствуют о степени устойчивости экологических условий тех или иных почвенных типов и отдельных их горизонтов. Сведения о зависимости отдельных родов и видов нематод от опре-

деленных почвенных свойств могут быть использованы и в их биоиндикации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Черноземы обыкновенные более богаты по количественному составу нематод, чем южные. Средняя плотность нематод в целинных почвах обыкновенных черноземов на разной глубине была в 1,3-1,6 раза выше, в пахотных почвах – в 1,3–1,9 раза выше, чем в южных. Как на целине, так и на пашне плотность нематод во многих случаях постепенно снижалась с увеличением глубины.

В черноземах южных и обыкновенных фауна нематод была представлена 15 семействами, 15 из которых было обнаружено в обыкновенных черноземах, 14 – в южных. Биоразнообразие семейств в обоих типах почв схожее, причем оно уменьшалось вглубь разреза. В обыкновенных черноземах, в отличие от южных было обнаружено семейство *Discolaimidae*.

Процентное соотношение трофических групп нематод в черноземах южных и обыкновенных распределялось следующим образом: на глубине 0-20 см часто преобладали бактериотрофы, составляющие 25,0–51,4 %. На втором месте обычно политрофы, состав-

ляющие до 34 % на целине и 29,4 – на пашне. А на глубине 20-30 см в черноземах часто преобладали фитотрофы, составляющие до 45,1 % на целине и пашне. Причем с глубиной процент бактериотрофов уменьшался, а фитотрофов – возрастал. Наименьшая доля микотрофов – 3,2–17,2 %. Таким образом, трофическая структура нематод в южных и обыкновенных черноземах схожая.

Определение индекса зрелости популяций нематод MI в среднем за 3 года, показало, что наиболее благоприятные условия сложились в южных и обыкновенных черноземах на целине и пашне на глубине 0-20 см. Условия обитания свободноживущих и всеядных нематод в южных и обыкновенных черноземах похожи, так как значения индекса MI в черноземах обыкновенных и южных близкие.

Индекс PPI, определяющий значение паразитических нематод в экосистеме почвы, в среднем за 2012-2014 год достигал наибольшей величины во всех биотопах на глубине 20-30 см. В черноземах южных PPI достигает значительно больших значений, чем в обыкновенных. Условия черноземов южных были более благоприятными для паразитических нематод.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Криволуцкий Д. А., Почвенная фауна в экологическом контроле. – М.: Изд-во Наука, 1994. – 270 с.
- 2 Wasilewska L. The role of nematodes in agroecosystems // *Zeszyty problemowe Postepow Nauk rolniczych* 358. – 1989. – P. 7-16.
- 3 Wasilewska L. Impact of human activities on nematode communities in terrestrial ecosystems // *Ecology of arable land* (by eds. Of Clarholm M. & Bergstrom L.). – Kluwer Academic Publishers, 1989. – P. 123-132.
- 4 Neher, D.A. Soil community composition and ecosystem processes: Comparing agricultural systems with natural ecosystems // *Agroforestry Systems*. – 1999. – №45. – P. 159–185.
- 5 Nahar M.S., Grewal P.S., Miller S.A., Stinner D., Stinner B.R., Kleinhenz M.D., Wszelaki A. and Doohan D. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties // *Applied Soil Ecology*. – № 34. – 2006. – P. 140–151.

- 6 Sohlenius B., Wasilewska L. Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a Swedish pine forest soil // *Journal of Applied Ecology*. – № 21. – 1984. – P. 327-342.
- 7 Ferris V.R., Ferris J.M., Bernard R.L. & Probst. Community structure of plant parasitic nematodes related to soil types in Illinois and Indiana soybean fields // *J. Nematol.* – № 3. – 1971. – P. 399-408.
- 8 Соловьева Г. А. Принципы и методы экологической фитонематологии. – Петрозаводск, 1985. – 159 с.
- 9 Кирьянова Е.С. Некоторые проблемы нематодологии растений, почвы и насекомых Самарканд. – 1969. – 160 с.
- 10 Соловьева Г. А. Принципы и методы экологической фитонематологии. – Петрозаводск, 1985. – 159 с.
- 11 Парамонов А. А. Основы фитогельминтологии. – Т. I. – М., 1962. – 480 с.
- 12 Peterson H. and Luxton M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes // *Oikos*. – № 39. – 1982. – P. 287-388.
- 13 Yeates GW, Bongers T, de Goede RGM, Freckman DW, Georgieva SS. Feeding habits in soil nematode families and genera- an outline for soil ecologists // *J. Nematol.* – № 25, 1993. – P. 315-331.
- 14 Груздева Л.И., Матвеева Е., М., Коваленко Т.Е. Фауна почвенных нематод различных типов леса заповедника «Кивач» // Тр. Карельского научного центра РАН. – Вып. 10. – Петрозаводск, 2006. – С. 14-21.
- 15 Griffiths B.S. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspot and the rhizosphere // *Plant and Soil*. – № 164. – 1994. – P. 25-33.
- 16 Freckman D.W. Bacterivorous nematodes and organic matter decomposition // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – № 24. – 1988. – P. 195-217.
- 17 Ferris H., Venette R.C., Lau S.S. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility // *Applied Soil Ecology*. – № 3. – 1996. – P. 161-175.
- 18 Griffiths B.S. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspot and the rhizosphere // *Plant and Soil*. – 1994. – № 164. – P. 25-33.
- 19 Griffiths B.S., Ritz K., Wheatley R.E. Nematodes as indicators of enhanced microbiological activity in a Scottish organic farming system // *Soil Use and Management*. – 1994. – № 10. – P. 20-24.
- 20 Wasilewska L. The role of the omnivorous group of soil nematodes as ecological indicator // *Wiadomosci ecologiczne*. – 1974. – № 20. – P. 385-390.
- 21 Wasilewska L. Trophic structure of nematode community in an agrocenosis and a natural habitat // *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences*. – 1975. – № 23. – P. 29-31.
- 22 Wasilewska L. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses // *Polish ecological Studies*. – 1979. – № 5. – P. 97-145.
- 23 Wasilewska L. Differences in development of soil nematode communities in single - and multi-species grass experimental treatments // *II Applied Soil Ecology*. – 1995. – 2. – P. 53-64.
- 24 Wasilewska L. Direction of changes in communities of soil nematodes in man-disturbed ecosystems. // *Acta Zoologica Fennica*. – 1995. – 196. – P. 271-274.

25 Wasilewska L. Maturity and diversity of nematodes versus long-term succession after stress // *Nematologica*. – 1995. – № 41. – P. 353.

27 Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // *Oecologia*. – 1990. – № 83. – P. 14-19.

28 Bongers T., Korthals G. The behaviour of maturity index and plant parasite index under enriched conditions // *Nematologica*. – 1995. – № 41. – P. 286.

29 Bongers T., De Goede R.G.M., Korthals G.W. & Yeates G.W. Proposed changes of c-p classification for nematodes // *Russian Journal of Nematology*. – 1995. – 3(1). – P. 61-62.

30 Ettema C. H. & Bongers T. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the Maturity Index // *Biology and Fertility of Soils*. – 1993. – 16. – P. 79-85.

31 Режим доступа: <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Nematology/Nematode-in-the-picture/Pictures/Discolaimus.htm>, свободный.

#### REFERENCES

1 Krivolutsky D. A., Pochvennaya fauna v ekologicheskom kontrole. – M.: Izd-vo Nauka, 1994. – 270 s.

2 Wasilewska L. The role of nematodes in agroecosystems // *Zeszyty problemowe Postepow Nauk rolniczych* 358. – 1989. – P. 7-16.

3 Wasilewska L. Impact of human activities on nematode communities in terrestrial ecosystems // *Ecology of arable land* (by eds. Of Clarholm M. & Bergstrom L.). – Kluwer Academic Publishers, 1989. – P. 123-132.

4 Neher, D.A. Soil community composition and ecosystem processes: Comparing agricultural systems with natural ecosystems // *Agroforestry Systems*. – 1999. – №45. – P. 159-185.

5 Nahar M.S., Grewal P.S., Miller S.A., Stinner D., Stinner B.R., Kleinhenz M.D., Wszelaki A. and Doohan D. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties // *Applied Soil Ecology*. – № 34. – 2006. – P. 140-151.

6 Sohlenius B., Wasilewska L. Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a Swedish pine forest soil // *Journal of Applied Ecology*. – № 21. – 1984. – P. 327-342.

7 Ferris V.R., Ferris J.M., Bernard R.L. & Probst. Community structure of plant parasitic nematodes related to soil types in Illinois and Indiana soybean fields // *J. Nematol.* – № 3. – 1971. – P. 399-408.

8 Solovyeva G. A. Printsipy i metody ekologicheskoy fitonematologii. – Petrozavodsk, 1985. – 159 s.

9 Kiryanova Ye.S. Nekotorye problemy nematodologii rasteny, pochvy i nasekomykh Samarkand. – 1969. – 160 s.

10 Solovyeva G. A. Printsipy i metody ekologicheskoy fitonematologii. – Petrozavodsk, 1985. – 159 s.

11 Paramonov A. A. Osnovy fitogelmintologii. – T.I. – M., 1962. – 480 s.

12 Peterson H. and Luxton M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes // *Oikos*. – № 39. – 1982. – P. 287-388.

13 Yeates GW, Bongers T, de Goede RGM, Freckman DW, Georgieva SS. Feeding habits in soil nematode families and genera- an outline for soil ecologists // *J. Nematol.* – № 25, 1993. – P. 315-331.

14 Gruzdeva L.I., Matveyeva Ye., M., Kovalenko T.E. Fauna pochvennykh nematod razlichnykh tipov lesa zapovednika «Kivach» // *Tr. Karelskogo nauchnogo tsentra RAN.* – Vyp. 10. – Petrozavodsk, 2006. – S. 14-21.

15 Griffiths B.S. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspot and the rhizosphere // *Plant and Soil.* – № 164. – 1994. – P. 25-33.

16 Freckman D.W. Bacterivorous nematodes and organic matter decomposition // *Agriculture, Ecosystems and Environment.* – № 24. – 1988. – P. 195-217.

17 Ferris H., Venette R.C., Lau S.S. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility // *Applied Soil Ecology.* – № 3. – 1996. – P. 161-175.

18 Griffiths B.S. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspot and the rhizosphere // *Plant and Soil.* – 1994. – № 164. – P. 25-33.

19 Griffiths B.S., Ritz K., Wheatley R.E. Nematodes as indicators of enhanced microbiological activity in a Scottish organic farming system // *Soil Use and Management.* – 1994. – № 10. – P. 20-24.

20 Wasilewska L. The role of the omnivorous group of soil nematodes as ecological indicator // *Wiadomosci ekologiczne.* – 1974. – № 20. – P. 385-390.

21 Wasilewska L. Trophic structure of nematode community in an agrocenosis and a natural habitat // *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences.* – 1975. – № 23. – P. 29-31.

22 Wasilewska L. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses // *Polish ecological Studies.* – 1979. – № 5. – P. 97-145.

23 Wasilewska L. Differences in development of soil nematode communities in single - and multi-species grass experimental treatments // *II Applied Soil Ecology.* – 1995. – 2. – P. 53-64.

24 Wasilewska L. Direction of changes in communities of soil nematodes in man-disturbed ecosystems. // *Acta Zoologica Fennica.* – 1995. – 196. – P. 271-274.

25 Wasilewska L. Maturity and diversity of nematodes versus long-term succession after stress // *Nematologica.* – 1995. – № 41. – P. 353.

27 Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // *Oecologia.* – 1990. – № 83. – P. 14-19.

28 Bongers T., Korthals G. The behaviour of maturity index and plant parasite index under enriched conditions // *Nematologica.* – 1995. – № 41. – P. 286.

29 Bongers T., De Goede R.G.M., Korthals G.W. & Yeates G.W. Proposed changes of c-p classification for nematodes // *Russian Journal of Nematology.* – 1995. – 3(1). – P. 61-62.

30 Ettema C. H. & Bongers T. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the Maturity Index // *Biology and Fertility of Soils.* – 1993. – 16. – P. 79-85.

31 Rezhim dostupa: <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Nematology/Nematode-in-the-picture/Pictures/Discolaimus.htm>, svobodny.

ТҮЙІН

Савкина Е.В. Джаланкузов Т.Д.

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ЖӘНЕ КӘДІМГІ ҚАРА  
ТОПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ НЕМАТОДТАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІ

*Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-  
зерттеу институты, 050060, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,  
e-mail: d.temirbolat@bk.ru*

Солтүстік Қазақстанның оңтүстік және кәдімгі қара топырақтарының құрамындағы нематодтарға экологиялық мониторинг жүргізілді. Топырақ нематодтарының сандық және фауналық құрамы, санының динамикасы, трофикалық құрылымы зерттелінді. Топырақ экожүйелерінің жағдайын көрсететін индекстер анықталды. Оңтүстік және кәдімгі қара топырақтардағы еркін тіршілік ететін және талғамсыз қоректенетін нематодтардың МІ индекстерінің көрсеткіштері жақын болғандықтан, тіршілік ету жағдайлары ұқсас болып келеді.

*Түйінді сөздер:* фауна, санының динамикасы, мониторинг, трофикалық құрылым, биоиндикация.

SUMMARY

Savkina E.V., Dzhalkankuzov T.D.

ECOLOGICAL MONITORING OF SOIL NEMATODES IN CHERNOZEMES OF NORTH  
KAZAKHSTAN

*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry after U.U. Usmanov,  
050060, Almaty, 75 V al-Farabi avenue, Kazakhstan, e-mail: d.temirbolat@bk.ru*

Environmental monitoring of soil nematodes was carried out in the southern and ordinary chernozems of Northern Kazakhstan. We studied the quantitative and faunal composition, population dynamics, trophic structure of soil nematodes. Indexes, showing the state of soil ecosystems, have been determined. Habitat free-living and omnivorous nematodes in the southern and ordinary chernozems are similar, since index values MI is similar.

*Key words:* fauna, population dynamics, monitoring, trophic structure, bioindication.