АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2023, том 29, № 3 (96), с. 100-110

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.467.2

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД ФИТОЦЕНОЗОВ СУХОЙ СТЕПИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД ОСТРОВА ВОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИКА «РОСТОВСКИЙ»

© 2023 г. В.Ю. Шматко, Л.П. Ильина, Т.А. Соколова

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН
Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41. E-mail: Shmatko@ssc-ras.ru

Поступила в редукцию 01.04.2023. После доработки 04.04.2023. Принята к публикации 05.04.2023.

Представлены результаты по изучению структуры сообщества почвенных нематод в весенний период на ключевых участках о. Водный заповедника «Ростовский». Всего выявлено 76 родов из 41 семейства и 9 отрядов, при этом общими для двух месяцев (апрель-май) были 39 родов. Показано, что ряд особенностей фауны почвенных нематод в весенний период проявляются в родовом разнообразии, встречаемости и доминировании отдельных эколого-трофических групп и родов.

Общее количество видов на ключевых участках изменяется в пределах от 17 до 33; при этом численность нематод в апреле составила от 230 до 994 особей на 100 см^3 почвы, а в мае – от 134 до 1043 особей на 100 см^3 почвы. Выявлено, что самым разнообразным по родовому составу оказался отряд Dorylaimida, который включил в себя 29 родов; в то время как у Tylenchida было 19 родов, а у Rhabditida – 11 родов.

Установлено, что в весенний период при увеличении показателя сырой надземной фитомассы растений возрастает численность нематод из группы фитотрофов, что подтверждается проведенным корреляционным анализом (коэффициент корреляции имеет очень высокие значения: $r_{апрель} = 0.86$, $r_{май} = 0.96$ при p-уровне < 0.05).

Ключевые слова: почвенные нематоды, фитоценозы сухой степи, геоботанические показатели, эколого-трофические группы, корреляционный анализ.

DOI: 10.24412/1993-3916-2023-3-100-110
EDN: KHSIDW

Нематоды, обитающие в почве – неотъемлемая часть почвенной биоты, наиболее разнообразная и многочисленная группа из всех многоклеточных беспозвоночных, которые встречаются практически во всех типах почв. Основная масса их обитает в верхнем слое почвы на глубине до 30 см независимо от особенностей их сельскохозяйственного использования (Соловьева, 1986; Чесунов, 2006; Краткий спецкурс …, 2011).

Изучение различных аспектов биологии почвенных нематод имеет как научное, так и практическое значение. Зоогеографические и сравнительно-экологические характеристики естественных сообществ почвенных нематод, включая экспериментальные исследования, позволяют выявить закономерности их расселения и особенности формирования сообществ этих организмов в различных биогеоценозах. В настоящее время по соотношению эколого-трофических групп нематод можно оценивать нематологическую ситуацию в почвах и проводить мониторинг состояния окружающей среды.

Особый научный интерес представляют нематодологические исследования в условиях сухой степи при резко выраженной комплексности почвенного и растительного покровов.

Остров Водный – один из наиболее крупных островов оз. Маныч-Гудило, который входит в состав Островного участка государственного природного биосферного заповедника «Ростовский». На заповедной территории острова состояние сухостепных ландшафтов зависит в основном от природно-климатических условий, а также от колебаний численности уникальной популяции обитающих здесь одичавших лошадей. Особенно сильное воздействие на растительный и почвенный покров охраняемых степей копытные оказывают в засушливые годы (Пришутова, 2010; Немцева, Беспалова, 2010).

Специфика природных условий на острове Водный связана с его относительной территориальной

изоляцией (минимальная ширина протоков – 400 м). Остров находится в засоленной части Пролетарского водохранилища, где минерализация воды составляет 20-30 г/л. Вдоль береговой линии остров окаймлен засоленными почвами, представленными преимущественно гидроморфными солончаками. На фоне приуроченных к каштановым почвам степных ценозов выделяются, с одной стороны, пятна влаголюбивой растительности микро- и мезопонижений на лугово-каштановых почвах, а с другой стороны – пятна полупустынной растительности на каштановых солонцеватых почвах и солонцах. Каштановые солонцеватые почвы занимают 40-60% общей площади почвенного комплекса (Немцева, Беспалова, 2010; Ильина, Сушко, 2019).

На острове издавна пасли скот, поэтому после образования заповедника здесь остался табун вольно живущих лошадей и охрана природных сухостепных ландшафтов осуществляется в режиме ограниченного выпаса (Пришутова, 2010; Пономарёв, Пришутова, 2017).

Неоднородность растительного покрова участка Островного связана с особенностями рельефа местности (блюдцеобразные понижения, западины, склоны различной экспозиции, микроповышения), при которых формируются различные условия увлажнения, а также с образованием ареалов засоленных почв. Растительный покров острова Водный представлен долинными сухими дерновинно-злаковыми и полынно-дерновинно-злаковыми степями. Здесь зарегистрированы 227 видов сосудистых растений из 459 видов для всей территории заповедника и его охранной зоны (Шмараева и др., 2006).

Целью исследований было изучение структуры сообщества почвенных нематод острова Водный государственного природного биосферного заповедника «Ростовский». В задачи исследования входило: определение общей численности эколого-трофических групп, количественное распределение выявленных родов почвенных нематод по группам встречаемости и доминированию в весенний период; выявление взаимосвязи надземной сырой фитомассы растительности и численности нематод из группы фитотрофов в весенний период на ключевых участках.

Следует отметить, что аналогичные исследования по изучению структуры сообщества почвенных нематод острова Водный ранее не проводились.

Материалы и методы

Исследования проводили в долине Западного Маныча на территории острова Водный (46° 28′ 36″ с.ш., 42° 30′ 09″ в.д.) государственного природного биосферного заповедника «Ростовский», Орловского района Ростовской области на базе Научно-экспедиционного стационара «Маныч» Южного научного центра РАН. В период весенней вегетации 11 апреля и 14 мая 2015 года методом эколого-геоботанического профилирования было заложено 13 ключевых участков на о. Водный (рис. 1).

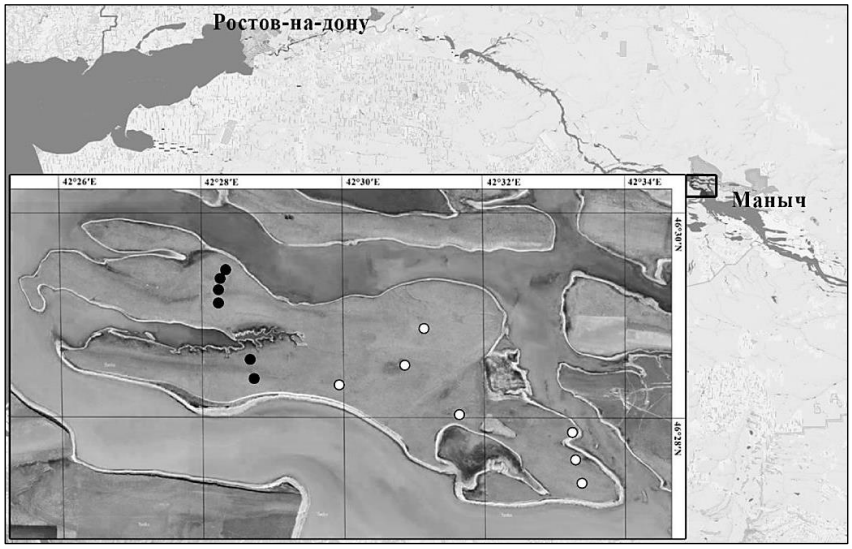

Рис. 1. Схема расположения ключевых участков на о. Водный. *Условные обозначения:* ○ – ключевые участки в апреле, ● – ключевые участки в мае.

Отбор почвенных проб и геоботаническое описание выполнялось на каждом ключевом участке с учетной площадки 100 м^2. Эколого-геоботанические исследования (видовой состав растений, растительные ассоциации, проективное покрытие, высота травостоя, показатель сырой надземной фитомассы) проведены общепринятыми классическими методами как посредством маршрутов, так и в плане стационарных работ. Обилие-покрытие видов дано по комбинированной шкале Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964). Названия высших сосудистых растений приводятся по работе С.К. Черепанова (1995). Сбор сырой надземной фитомассы проводился с учетной площади 0.25 м^2 в трехкратной повторности с дальнейшим взвешиванием в лабораторных условиях.

При геоботаническом описании 7 ключевых участков в апреле были определены следующие виды растений-эфемеров и эфемероидов в фазе цветения: ясколка (*Cerastium* sp.), вероника полевая (*Veronica arvensis*), гусиный лук (*Gagea* sp.), чистяк весенний (*Ficaria verna*), костенец зонтичный (*Holosteum umbellatum*), бурачок пустынный (*Alyssum turkestanicum* var. *desertorum*), хориспора нежная (*Chorispora tenella*), веснянка весенняя (*Erophila verna*), яруточка пронзеннолистная (*Microthlaspi perfoliatum*), валериана клубненосная (*Valeriana tuberosa*), острица лежачая (*Asperugo procumbens*), буглоссоидес полевой (*Buglossoides arvensis*), незабудка мелкоцветковая (*Myosotis micrantha*), яснотка стеблеобъемлющая (*Lamium amplexicaule*). В фазе цветения были отмечены также виды, занесенные в Красную книгу Ростовской области (2014): беллевалия сарматская (*Bellevalia sarmatica*) и тюльпан Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana*).

На ключевых участках в апреле показатель общего проективного покрытия составил 50-90%. Высота травостоя – 10-15 см. Видовое богатство в среднем – 4-7 видов на 1 м^2. Показатели сырой надземной фитомассы растительности в среднем – 264.86 ± 53.14 г/м^2.

На 6 ключевых участках в мае в растительном покрове были определены следующие виды: клоповник пронзеннолистный (*Lepidium perfoliatum*), адонис летний (*Adonis aestivalis*), капуста полевая (*Brassica campestris*), свербига восточная (*Bunias orientalis*), льнянка крупнохвостая (*Linaria macroura*), льнянка австрийская (*Linum austriacum*), лютик иллирийский (*Ranunculus illyricus*), самерария сердцеплодная (*Sameraria cardiocarpa*), горошек мохнатый (*Vicia villosa*). А также своеобразие сообществам придают цветущие ковыли: ковыль волосатик (*Stipa capillata*), ковыль украинский (*S. ucrainica*), ковыль красвейший (*S. pulcherrima*). Высоко обилие таких злаков, как пырей ползучий (*Elytrigia repens*), житняк пустынный (*Agropyron desertorum*), овсянница валийская (*Festuca valesiaca*), овсянница ложнодалматская (*F. pseudodalmatica*), мятлик живородящий (*Poa crispa*), и таких полыней, как полынь Лерхе (*Artemisia lerchiana*), полынь австрийская (*A. austriaca*), полынь Маршалла (*A. marschalliana*).

В мае показатель общего проективного покрытия на ключевых участках составил 60-80%. Высота травостоя – 20-90 см. Видовое богатство в среднем – 10 видов на 1 м^2. Выявлено, что в общей надземной фитомассе злаковые виды растений занимали 40.84-60.18%, а разнотравье – 37.93-56.72%. В целом в мае показатели фитомассы были значительно выше (815.66 ± 108.17 г/м^2), чем в апреле (264.86 ± 53.14 г/м^2). На ключевых участках в мае основу травостоя составлял клоповник пронзеннолистный (*Lepidium perfoliatum*) и мятлик живородящий (*Poa bulbosa*).

При отборе почвенных проб использованы методики, которые позволяют получать достоверные результаты при относительно небольшом количестве отбираемых образцов (Метлицкий, Матвеева, 1975; Метлицкий, 1985). Выделение нематод было проведено модифицированным методом Флегга с последующей фиксацией нематод в 5% горячем формалине. Экстрагированные из почвенных образцов экземпляры были монтированы на постоянные препараты по стандартной методике (Hall, 1996), для каждой пробы рассчитывалась относительная численность нематод на 100 см^3 почвы. Анализ проводили на родовом уровне. Выявленные рода разделили на 5 эколого-трофических групп, используя классификацию Йейтса (Yeates et al., 1993): Б – бактериотрофы, М – микотрофы, В – всеядные, Х – хищники, Ф – фитотрофы; сюда же включена группа нематод, ассоциированных с растениями (Аср), которая имеет промежуточное положение между микотрофами и фитотрофами.

Для характеристики фауны почвенных нематод использовали следующие показатели:

- Доля участия каждого рода в составе фауны (в %) – число особей данного рода к общему числу нематод. Рода нематод, по данному признаку, объединяются в пять групп: эудоминанты (10% и более от всех обнаруженных особей), доминанты (от 5 до 10%), субдоминанты (от 2 до 5%),

рецеденты (от 1 до 2%) и субрецеденты (менее 1%; Соловьева, 1986).

- Оценка постоянства видового состава фауны нематод рассчитана по коэффициенту постоянства видового состава (в %) – отношение числа проб, в которых данный вид обнаружен, к общему числу анализированных проб. Соответственно четырем градациям этого коэффициента, виды, составляющие фауну, подразделяются на акцидентов (встречается в 25% проб), акцессоров (менее 25 до 50%), констант (от 50 до 75%) и эуконстант (от 75 до 100%; Соловьева, 1986).

Статистический анализ результатов. Обработка полученных данных выполнена с помощью интегрированной системы анализа и управления данными Ststistica 8 (StatSoft, 2012). Ниже приведены обозначения, использованные в тексте: объемы выборок (n), средние арифметические значения со стандартной ошибкой среднего ($x_{cp} \pm SE$). Предварительно все переменные проверены на соответствие нормальному распределению (W-тест Шапиро-Уилка). При анализе данных использовали следующие методы статистического анализа: коэффициент корреляции Пирсона (r) и коэффициент детерминации R^2. Статистические гипотезы отклоняли при P-уровне достоверности менее 0.05. Корреляционный анализ выполнен для оценки взаимосвязи общей численности нематод и численности фитотрофов с показателями сырой надземной фитомассы в весенний период.

Результаты и обсуждение

Общая характеристика фауны почвенных нематод острова Водный в весенний период. В результате проведенных исследований в апрельских и майских пробах обнаружено практически равное количество родов почвенных нематод – 55 и 60 соответственно. Всего в почвенных пробах, отобранных в весенний период, выявлено 76 родов из 41 семейства и 9 отрядов; из них для апреля и мая общими оказались 39 родов (табл. 1).

Распределение количества родов нематод по отрядам показало, что для сухостепных почв острова Водный в апреле и в мае наиболее типичны 3 отряда: Dorylaimida, Tylenchida и Rhabditida. Родовое разнообразие почвенных нематод из отряда Tylenchida больше в мае, чем в апреле. Следует отметить, что этот показатель по отрядам Dorylaimida, Rhabditida и Aphelenchida остается практически неизменным на протяжении двух изученных весенних месяцев. Представители отрядов Enoplida, Alaimida, Mononchida, Araeolaimida и Monhysterida оказались малочисленными, представлены единичным количеством родов (от 2 до 4) и встречаются в пробах нерегулярно. Таким образом, выявлено, что время отбора почвенных проб на протяжении весеннего периода оказывает влияние на родовое разнообразие отряда Tylenchida, который в основном представлен фитотрофами (табл. 1; рис. 2).

По частоте встречаемости в сухостепных почвах всех ключевых участков острова Водный в пробах, отобранных в апреле и мае, обнаруженные нематоды подразделяются на 4 группы (табл. 2). Особенности распределения родов в зависимости от времени отбора пробы сводятся к следующему: количество эуконстант и констант в апреле оказалось небольшим и составило по 7 родов, в мае эти показатели оказались выше – 11 родов эуконстант и 18 родов констант. Наиболее значимыми и общими родами, входящими в группы эуконстант и констант, для разных месяцев оказались следующие: *Acrobeles, Eucephalobus, Aporcelaimellus, Eudorylaimus, Aphelenchus, Longidorella, Longidorus, Amplimerlinius, Helicotylenchus, Pratylenchus, Nygolaimoides* и *Clarkus*. В апреле самой разнообразной группой оказались акцессоры – 23 рода, в мае, напротив, данная группа оказалась самой бедной по родовому разнообразию – 10 родов. Количество акцидентов на протяжении исследуемого весеннего периода изменялось незначительно и составляло 18 родов для апреля и 21 род для мая (табл. 2).

Установлено, что в значительной степени структура фауны почвенных нематод определяется группой родов из эуконстант и констант. Всего таких родов оказалось 30, из них представители отряда Dorylaimida составили 35.5%, Tylenchida – 32.3%, Rhabditida – 12.9%, Aphelenchida – 6.5%, и по 3.2% пришлось на отряды Alaimida, Enoplida, Monhysterida и Mononchida; нематод из отряда Araeolaimida не обнаружено. Наиболее распространенные рода почвенных нематод включают в себя 67.8% фитотрофов, всеядных и хищников. Из всех обнаруженных родов 37 проявляют определенную избирательность к срокам отбора почвенных образцов: так, 16 родов встречаются исключительно в апрельских пробах и 21 – в майских.

Таблица 1. Данные по численности, участию и доминированию представителей отдельных родов почвенных нематод острова Водный в весенний период.

Род	Встречаемость		Доминирование		Численность	
	апрель	май	апрель	май	апрель	май
Бактериотрофы						
Alaimus	–	ЭК	–	СД	–	13.99
Paramphidelus	–	АК	–	СР	–	2.9
Anaplectus	А	А	СР	СР	4.45	3.55
Cylindrolaimus	–	А	–	СР	–	4.23
Plectus	А	АК	СР	СР	1.51	1.81
Prismatolaimus	А	ЭК	СР	Р	1.82	8.79
Eumonhystera	А	–	СР	–	2.13	–
Geomonhystera	–	К	–	СР	–	2.3
Acrobeles	ЭК	ЭК	Д	Д	34.83	30.53
Acrobeloides	А	ЭК	СР	Р	1.26	10.44
Cephalobus	К	АК	СР	СР	2.75	1.59
Cervidellus	АК	АК	СР	СР	0.91	0.61
Chiloplacus	–	АК	–	СР	–	1.45
Eucephalobus	К	К	СР	СР	5.77	6.49
Heterocephalobus	АК	АК	СР	СР	2.73	1.59
Procephalobus	–	АК	–	СР	–	1.45
Protorhabditis	АК	–	СР	–	2.12	–
Rhabditis	–	АК	–	СР	–	0.2
Rhabditolaimus	АК	–	СР	–	2.73	–
Cephalenchus	АК	А	СР	СР	0.35	1.26
Всеядные						
Actinolaimoides	АК	–	СР	–	4.55	–
Actinolaimus	АК	–	СР	–	2.41	–
Aporcelaimellus	ЭК	ЭК	Д	Д	34.65	58.44
Aporcelaimus	АК	–	СР	–	3.18	–
Ecumenicus	–	АК	–	СР	–	1.81
Enchodelus	АК	АК	СР	СР	0.61	2.43
Eudorylaimus	ЭК	ЭК	ЭД	ЭД	84.76	66.88
Heterodorus	А	К	СР	Р	3.78	8.43
Labronemella	А	–	СР	–	3.08	–
Mesodorylaimus	А	А	СР	СР	3.34	5.42
Metaporcelaimus	–	АК	–	СР	–	3.25
Microdorylaimus	А	К	СР	СР	2.61	1.81
Paraxonchium	А	К	СР	Р	3.44	8.75
Prodorylaimus	АК	–	СР	–	1.06	–
Pungentella	АК	–	СР	–	4.81	–
Pungentus	А	–	СР	–	3.53	–
Sectonema	АК	–	СР	–	0.72	–
Thornedia	АК	–	СР	–	0.6	–
Микотрофы						
Aphelenchus	ЭК	ЭК	Д	СД	35.53	14.86
Paraphelenchus	АК	–	СР	–	0.91	–

Продолжение таблицы 1.

Род	Встречаемость		Доминирование		Численность	
	апрель	май	апрель	май	апрель	май
Микотрофы						
Dorylaimoides	–	АК	–	СР	–	1.45
Nothotylenchus	–	АК	–	СР	–	0.20
Фитотрофы						
Aphelenchoides	А	АК	СР	СР	1.01	0.2
Longidorella	ЭК	ЭК	СД	СД	14.02	26.81
Longidorus	К	К	СР	Р	4.46	6.84
Meloidogyne	–	АК	–	СР	–	2.9
Metaxonchium	–	АК	–	СР	–	1.45
Xiphinema	А	К	СР	Р	3.54	8.7
Amplimerlinius	ЭК	К	ЭД	Р	72.08	10.43
Bitylenchus	А	–	СД	–	17.01	–
Geocenamus	А	К	СД	СД	14.52	19.76
Helicotylenchus	К	ЭК	ЭД	ЭД	64.2	63.95
Merlinius	А	А	Р	Р	6.62	7.34
Mesocriconema	АК	А	СР	Р	0.6	6.92
Paratylenchus	АК	К	СР	СР	0.6	5.86
Pratylenchus	К	К	СД	Р	26.93	10.03
Rotylenchus	К	–	СР	–	4.56	–
Tylenchorhynchus	–	К	–	СД	–	23.9
Basiria	–	К	–	Р	–	9.59
Coslenchus	А	К	СР	Р	2.39	7.19
Ditylenchus	–	А	–	СР	–	6.04
Filenchus	А	А	СР	СР	3.75	2.62
Lelenchus	АК	–	СР	–	0.91	–
Psilenchus	–	К	–	Р	–	6.72
Tylenchus	–	А	–	СР	–	2.81
Хищники						
Seinura	А	К	СР	СР	5.33	2.05
Discolaimium	А	А	СР	СР	3.32	1.62
Discolaimus	А	К	СР	Р	5	9.07
Nygolaimoides	ЭК	К	СД	СД	14.24	12.78
Nygolaimus	А	ЭК	СД	Д	15.59	36.16
Paravulvus	АК	АК	СР	СР	4.3	1.81
Semitobrilus	–	АК	–	СР	–	1.45
Tripyla	А	АК	СР	СР	3.61	0.65
Trischistosoma	–	АК	–	СР	–	5.8
Clarkus	К	ЭК	СД	Д	22.66	35.86
Mylonchulus	–	АК	–	СР	–	1.45

Примечания к таблице 1: ЭК – эуконстанта, К – константа, А – акцессор, АК – акцидент, ЭД – эудоминанта, Д – доминанта, СД – субдоминанта, Р – рецедент, СР – субрецедент, прочерк – отсутствуют.

Важным показателем для структуры фауны почвенных нематод является встречаемость; так, для большинства этих родов отмечена нерегулярная встречаемость, 5 родов из 37 за весь сезон

представлены константами и эуконстантами только в апреле или только мае, при этом для апреля отмечен 1 род (Rotylenchus), а для мая – 4 рода (Alaimus, Tylenchorhynchus, Basiria, Psilenchus). Таким образом, видно, что увеличение родового разнообразия происходит в основном для фитотрофов и связано с увеличением количества пищи в почве в весенний период.

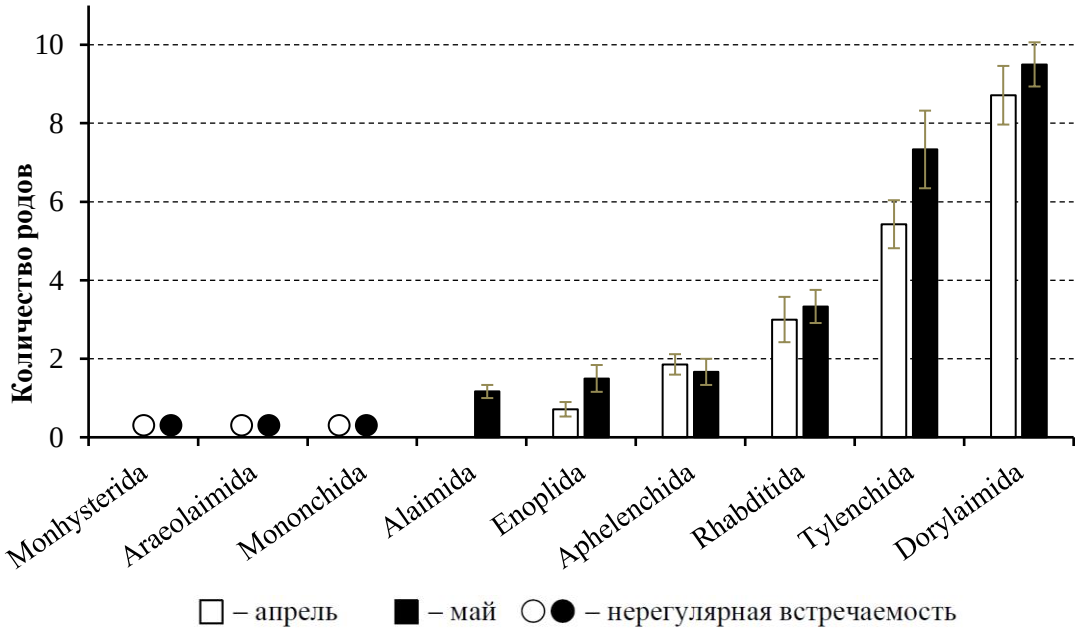

Рис. 2. Родовое разнообразие отрядов нематод острова Водный в весенний период.

Таблица 2. Количественное распределение выявленных родов почвенных нематод острова Водный по группам встречаемости и доминирования в весенний период.

Группа	Апрель	Май	За все время
Встречаемость			
Эуконстанта	7	11	8
Константа	7	18	8
Акцессор	23	10	17
Акцидент	18	21	43
Всего	55	60	76
Доминирование			
Эудоминанта	3	2	2
Доминанта	3	4	3
Субдоминанта	7	6	7
Рецедент	1	14	5
Субрецидент	41	34	59
Всего	55	60	76

По характеру доминирования рода, входящие в состав фауны почвенных нематод острова Водный в весенний период, группируются следующим образом. Эудоминанты и доминанты в апреле составили по 3 рода и практически не отличались от количества родов, представленных в мае. Группа эудоминант и доминант включала 8 родов: *Acrobeles, Aporcelaimellus, Eudorylaimus, Aphelenchus, Amplimerlinius, Helicotylenchus, Nygolaimus* и *Clarkus.* В списке субдоминант определено 10 родов, в т.ч. 7 в апреле и 6 в мае (табл. 2). Из представленных групп одновременно для апреля и мая

эудоминантами являются нематоды родов *Eudorylaimus* и *Helicotylenchus*; доминантами – *Acrobeles* и *Aporcelaimellus*; субдоминантами – *Longidorella, Geocenamus* и *Nygolaimoides*.

Сведения о структуре фауны почвенных нематод существенно дополняются данными о численности и соотношении эколого-трофических групп (табл. 3; рис. 3).

Таблица 3. Численность трофических групп почвенных нематод острова Водный в весенний период.

Трофические группы	$x_{cp} \pm SE$, экз./100 см^3 почвы		
	Апрель, *n=7*	**Май, *n=6***	**За все время, *n =13***
Фитотрофы	233.8±56.2	228.7±71.1	231.4±42.7
Всеядные	157.1±32.2	157.2±45.3	157.2±26.0
Хищники	74.0±20	108.7±27.5	90.0±16.7
Бактериотрофы	63.0±16.6	91.9±21.7	76.3±13.5
Микотрофы	40.2±19.8	19.1±5.4	30.5±11.0
Средняя численность на пробу	**568.2±106**	**605±149.6**	**585.5±85.8**

Самой разнообразной по количеству родов является группа фитотрофов, которая представлена 23 родами. Эта группа имеет численное превосходство над остальными, численность которых в среднем на одну пробу составила 231.4 экз./100 см^3 почвы и 39.5% от общего количества нематод. Чуть меньшим разнообразием (18 родов) и численностью характеризуется группа всеядных, в которой в среднем на одну пробу численность была 157.2 экз./100 см^3 почвы; в соотношении к другим группам по численности на их долю приходится 26.8%, что также указывает на доминирование данной группы. Такое распределение эколого-трофических групп, когда доминирующими группами выступают фитотрофы и всеядные, что типично для сухих дерновинно-злаковых и полынно-дерновинно-злаковых степей и связано с высоким проективным покрытием, видовым богатством, показателями сырой фитомассы растений в растительных сообществах в весенний период (Шматко, 2013; Шматко, Ильина, 2017).

Группы бактериотрофов и хищников с численностью 76.3±13.5 и 90±16.7 экз/100 см^3 почвы соответственно занимают не более 15% по численности среди всех трофических групп. Бактериотрофов обнаружено 20 родов, хищников – 11 родов. Самой малочисленной и бедной по разнообразию является группа микотрофов с численностью 30.5±11 экз./100 см^3 почвы (на протяжении исследований всего обнаружено 4 рода; табл. 3; рис. 3).

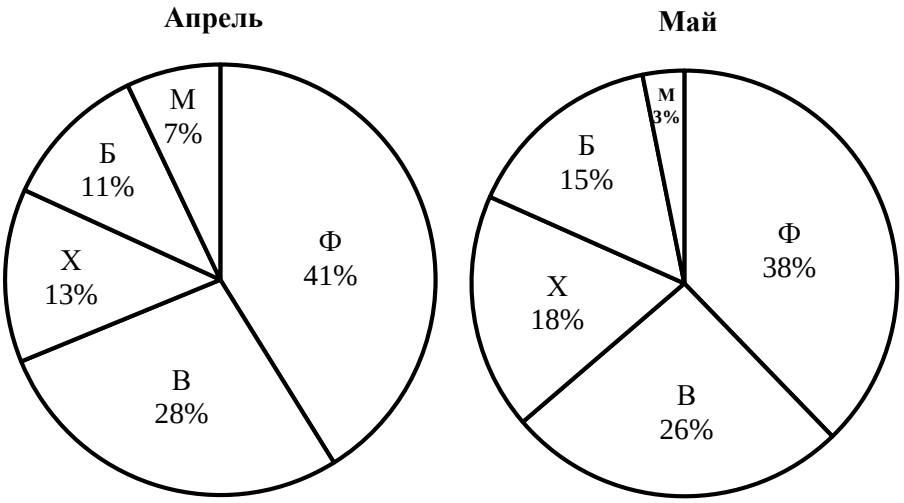

Рис. 3. Соотношение численности эколого-трофических групп почвенных нематод острова Водный по месяцам в весенний период. *Условные обозначения*: Б – бактериотрофы, М – микотрофы, В – всеядные, Х – хищники, Ф – фитотрофы.

Из таблицы 3 и рисунка 3 видно, что доминирующие группы (всеядные и фитотрофы) по численности остаются неизменными в разное время весеннего периода, а по процентному отношению к другим группам имеют меньшие показатели (в среднем на 2-3%) в мае, чем в апреле.

Такие группы, как хищники и бактериотрофы, заметно увеличивают свою численность в мае и составляют 18% и 15% всей фауны, тогда как в апреле их численность не превышает 13% и 11% соответственно. Средняя численность на пробу нематод группы микотрофов в апреле составляла 40.2±19.8 экз./100 см^3 почвы, в мае численность данной группы сократилась до 19.1±5.4. Такое распределение трофических групп почвенных нематод, скорее всего, связано с геоботаническими показателями растительного покрова в разные месяцы весеннего периода.

Изучение взаимосвязи надземной сырой фитомассы растительности и численности нематод из группы фитотрофы в весенний период. Показатель численности почвенных нематод меняется в зависимости от климатических зон и экологических факторов, таких как влажность, температура, конкуренция, источники питания и другие (Соловьева, 1986; Ветрова, 1980; Губина, 1982; Рысс, 1982; Brown, Gaugier, 1998; Hanel, 1994). Изменение численности почвенных нематод многие авторы связывают с ростом растений (Шлепетене, 1986; Thomas, 1969; Wyss, 1970; Yeates, 1968).

Нематоды из группы фитотрофов относятся к микроскопическим организмам, длина тела которых колеблется от 300 мкм до 8 мм, в большинстве случаев не превышает 2 мм (Буторина и др., 2006). В наших исследованиях фитотрофы представлены доминирующей группой, состоящей из облигатных и факультативных, а также нематод, ассоциированных с растениями. В связи с этим проведены исследования по выявлению взаимосвязи надземной сырой фитомассы растительности и численности нематод из группы фитотрофов в весенний период. Полученные данные по корреляционной зависимости изученных показателей представлены на рисунке 4.

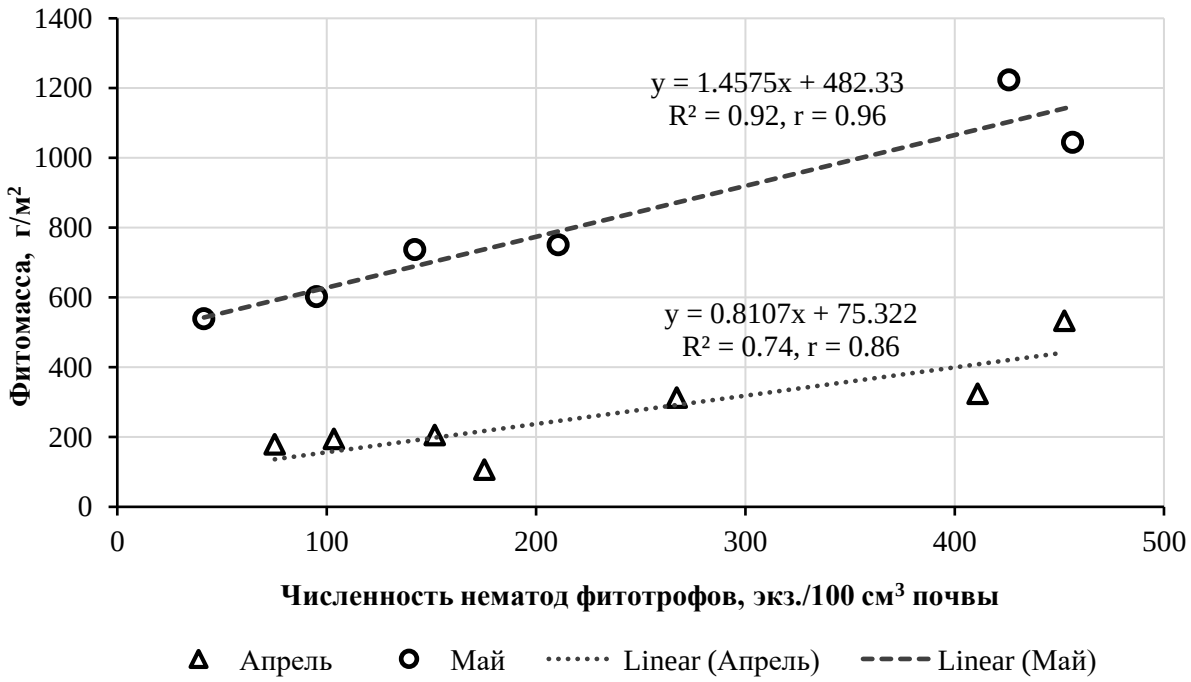

Рис. 4. Зависимость сырой надземной части фитомассы и численности нематод из группы фитотрофов на ключевых участках острова Водный в весенний период.

При увеличении показателя сырой надземной фитомассы растений возрастает и численность нематод группы фитотрофов в почвенных пробах, что подтверждается довольно тесной связью сравниваемых показателей $R^2_{апрель} = 0.74$, $R^2_{май} = 0.92$, величина коэффициента корреляции имеет очень высокие значения: $r_{апрель} = 0.86$, $r_{май} = 0.96$ при p-уровень < 0.05.

Оценка постоянства родового состава нематод из группы фитотрофов обследуемых ключевых участков показала, что эуконстанты и константы в апреле были представлены 6 родами, а в мае – 12. Выявлено, что активное накопление вегетационной массы растений в мае способствовало

увеличению численности нематод родов фитотрофов, которые в апреле встречались редко или вовсе не были зарегистрированы, к ним относятся такие роды, как: *Psilenchus, Coslenchus, Basiria, Tylenchorhynchus, Paratylenchus, Geocenamus, Xiphinema*. Также отмечены роды, которые встречались достаточно регулярно за весь весенний период: *Longidorella, Longidorus, Amplimerlinius, Helicotylenchus, Pratylenchus*. Акцессоров и акцидентов в апреле и мае установлено 10 и 8 родов соответственно, из них *Tylenchus, Meloidogine, Metaxonchium* и *Dytylenchus* отмечены только для мая, а *Bitylenchus* и *Lelenchus* – только для апреля (табл. 1).

По характеру доминирования роды, входящие в состав фитотрофов в весенний период, группируются следующим образом. Эудоминанты в апреле и мае составляют 2 и 1 рода соответственно: в их состав входят роды *Amplimerlinius* и *Helicotylenchus*, но одновременно для апреля и мая эудоминантами были *Helicotylenchus*. Группа доминант отсутствует. Всего обнаружено 5 родов субдоминантов, в т.ч. 4 для апреля (*Longidorella, Bitylenchus, Geocenamus, Pratylenchus*) и 3 для мая (*Longidorella, Geocenamus, Tylenchorhynchus*).

Выводы

Исследования сообществ почвенных нематод для о. Водный заповедника «Ростовский» были проведены впервые.

За весенний период (апрель-май) 2015 г. в структуре сообщества почвенных нематод на ключевых участках острова Водный выявлено 76 родов из 41 семейства и 9 отрядов. Общими для двух месяцев были 39 родов.

Общее количество видов на ключевых участках изменялось в пределах от 17 до 33; при этом численность нематод в апреле составила от 230 до 994 особей на 100 см^3 почвы, а в мае – от 134 до 1043 особей на 100 см^3 почвы. Выявлено, что самыми разнообразными по родовому составу оказались 3 отряда: Dorylaimida включает в себя 29 родов, Tylenchida – 19 родов, Rhabditida – 11 родов.

Группа фитотрофов, состоящая из 23 родов, относится к самой разнообразной эколого-трофической группе и характеризуется численным превосходством над остальными. Эта группа в среднем составляла 41% в апреле и 38% в мае от общей численности всех нематод в пробе. Следующей доминирующей группой была группа всеядных, на долю которой приходилось 26.8%. Установлено, что доминирующие группы по численности остаются неизменными в разное время весеннего периода, а по процентному отношению к другим группам имеют меньшие показатели (в среднем на 2-3%) в мае, чем в апреле.

Проведенными исследованиями выявлено, что в весенний период при увеличении показателя сырой надземной фитомассы растений возрастает численность нематод из группы фитотрофов, что подтверждается проведенным корреляционным анализом (коэффициента корреляции имеет очень высокие значения $r_{апрель} = 0.86$, $r_{май} = 0.96$ при p-уровене < 0.05).

Таким образом, исследование структуры почвенных нематод фитоценозов сухой степи о. Водный выявило ряд особенностей, которые проявляются в родовом разнообразии, встречаемости и доминировании отдельных эколого-трофических групп и родов в фауне нематод.

Комплексные научные исследования, включающие работы по изучению нематодофауны в степных и сухостепных ландшафтах долины, будут продолжены с целью получения данных по вертикальному распределению почвенных нематод в профиле различных почв, характеристике растительных сообществ и почвенным показателям различных биотопов.

Финансирование. Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, проект № 122020100332-8 «Роль природных и антропогенных факторов в формировании и динамике равнинных биогеоценозов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Буторина Н.Н., Зиновьева С.В., Кулинич О.А. 2006. Прикладная нематология. Институт паразитологии РАН. М.: Наука. 350 с.

Ветрова С.Н. 1980. Влияние мелиорации на нематодофауну почв белорусского полесья // Всесоюзный симпозиум, 16-19 июля 1980 г. Петрозаводск: ИБ Карел, филиал АН СССР. С. 13-15.

Губина В.Г. 1982. О нематологических исследованиях в Московской области // Почвенные беспозвоночные

Московской области. М.: Наука. С. 41-46.

Соловьева Г.И. 1986. Экология почвенных нематод. Л.: Наука. 247 с.

Чесунов А.В. 2006. Биология морских нематод. М.: Т-во научных изданий КМК. 367 с.

Красная книга Ростовской области. 2014. Ростов: Минприроды Ростовской области. Т. 2: Растения и грибы / Ред. Т.И. Абрамова, А.М. Волкова, О.Н. Демина. 343 с.

Краткий спецкурс по нематологии. 2011. Учебно-методическое пособие. Петрозаводск: ПИН. 84 с.

Пришутова З.Г. 2010. Одичавшие лошади (*Equus caballus*) как компонент охраняемых степных экосистем в заповеднике «Ростовский» // Экология. № 1. С. 58-62.

Немцева Л.Д., Беспалова Л.А. 2010. Картографирование ландшафтов островного участка заповедника «Ростовский» с использованием космических снимков // Вестник Южного научного центра РАН. Т. 6. № 1. С. 62-70.

Ильина Л.П., Сушко К.С. 2019. Современные проблемы деградации сухостепных почв долины Маныча // Биосфера. Т. 11. № 3. С. 120-127.

Пономарёв А.В., Пришутова З.Г. 2017. Герпетобионтные пауки (Aranei) острова Водный (озеро Маныч-Гудило) // Наука Юга России. Т. 13 № 2. С. 60-65.

Рысс А.Ю. 1982. Корневые нематоды семейства Pratylenchidae и вопросы эволюции надсемейства Hoplolaimoidea. Автореф. дис. … канд. биол. наук. 23 с.

Шмараева А.Н., Шишлова Ж.Н., Федяева В.В., Буркина Т.М. 2006. Сводный список сосудистых растений заповедника «Ростовский» и его охранной зоны // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию государственного природного заповедника «Ростовский». Ростов-на-Дону. С. 130-143.

Шматко В.Ю. 2013. Сравнение фаунистических комплексов нематод различных ландшафтов Государственного Биосферного заповедника «Ростовский» // Известия Высших учебных заведений Северо-Кавказкий регион. Естественные науки. № 1. С. 60-63.

Шматко В.Ю., Ильина Л.П. 2017. Особенности эколого-фаунистического комплекса почвенных нематод сухостепных ландшафтов долины Маныча // Аридные экосистемы. Т. 23. № 3 (72). С. 75-87. [*Shmatko V.Y., Il'ina L.P.* 2017. Characteristics of ecological and faunistic complex of soil nematodes in dry-steppe landscapes in Manych valley // Arid Ecosystems. Vol. 7. No. 3. P. 191-202.]

Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 990 с.

Метлицкий О.З. 1985. Экологические и технологические основы обнаружения нематод. Принципы и методы экологической фитонематологии. Петрозаводск: Карелия. С. 18-35.

Метлицкий О.З., Матвеева М.А. 1975. Методические указания по выявлению и учету численности нематод на ягодных культурах. М.: Колос. 24 с.

Шлепетене А. 1986. Антропогенное воздействие на почвенных и растительных нематод. Вильнюс: Моклас. 190 с.

Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Wien-New York: Springer-Verlag. 865 p.

Brown I.M., Gaugier R. 1998. Survival of Steinernematid Nematodes Exposed Tofreezing // Journal of Thermal Biology. Vol. 23. No. 2. P. 75-80.

Hall G.S. 1996. Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments. CAB International: Wallinford. 320 p.

Hanel L. 1994. Composition and Seasonal Changes of Soil Nematode Community in a Central European Oak Forest // Acta Societatis Zoologicae Bohemicae. Vol. 58. P. 177-188.

StatSoft, Inc. 2012. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm (дата обращения 21.02.2023)].

Thomas P.R. 1969. The Head Region of Longidorus // 1st Congr. PI. Pathol. L. P. 201.

Wyss Ü. 1970. Untersuchungen sur Populationsdynamik von Longidorus elongatus // Nematologica. Vol. 16. P. 74-84.

Yeates G.W. 1968. An Analysis of Annual Variation of Nematode Fauna in Dune Sand at Himatangi Beach, New Zealand // Pedobiologia. P. 173-207.

Yeates G.W., Bongers T., De Goede R.G.M., Freckman D.W., Georgieva S.S. 1993. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera – An Outline for Soil Ecologists // Journal of Nematology. Vol. 25. P. 315-331.