



ХҒТАР 34.33.15
Ғылыми мақала

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-81-93>

Антропогенді ластаған биогеоценоздарды диагностикалауда топырақ мезофаунасының түр құрамын пайдалану

Г. Серібекқызы 

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: gulzynat@mail.ru

Аңдатпа. Топырақ омыртқасыздары топырақ агрегаттарының түзілуі, судың сақталуы және органикалық заттардың сіңірілуі сияқты топырақтағы көптеген негізгі процестердің маңызды қозғаушы күші болып табылады. Жауын құрттары топырақтың тұрақты мекендеушісі бола отырып, сол ортаның жай-күйінен хабар беруші индикатор рөлін атқарады. Бұл жұмыста люмбрицидтердің түр құрамы мен санын зерттеу арқылы қалалық және қала маңы биогеоценоздарының антропогендік ластануы анықталды. Алматы қаласы мен облысының 8 учаскесінен топырақ үлгілері алынып, физико-химиялық көрсеткіштері зерттелді. Фондық және әлсіз ластанған биогеоценоздарда жауын құрттары орта есеппен 64,6%, ал ластанған аймақтардағы көрсеткіші 55,2% құрайды. Қалалық және фондық (табиғи) биоценоздардағы улы элементтердің құрамын анықтау кезінде мезофаунаның түрлік және сандық құрамына әсер ететін 4 негізгі элемент анықталды: қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап. Кадмий мен мышьяқтың максималды мөлшері мұнай базаларына жақын топырақта байқалады: кадмий мөлшері $0,25 \pm 0,0024$ мг/кг, ал мышьяк мөлшері $2,84 \pm 0,05$ мг/кг құрады. Ал, Алатау ауданына қарасты Алғабас ықшам ауданының жылу электр станциясына жақын жердегі топырақта қорғасын мен сынаптың ең жоғары мөлшері тіркелді, олар сәйкесінше $16 \pm 0,70$ мг/кг және $0,048 \pm 0,012$ мг/кг-ға жетті.

Түйін сөздер: жауын құрттары, антропогенді ластану, түр құрамы, топырақ үлгілері, биоиндикатор, ауыр металдар.

Түсті: 29.01.2024; Мақұлданды: 12.04.2024; Онлайн қолжетімді: 27.09.2024

Кіріспе

Жануарлар әлемі топырақ ортасының маңызды бөлігі болып табылады. Олар көптеген органикалық қосылыстардың ыдырауында, микробтық белсенділіктің бөліктік реттелуінде, қоректік заттардың айналымына қатысады. Рационына байланысты топырақ фаунасы бір-бірімен де, микроорганизмдермен де, сонымен қатар, өсімдіктер мен топырақпен де тығыз байланысты. Топырақта ластаушылар әсерінен пайда болған бұзылыстар фаунаның айтарлықтай сандық және сапалық өзгерістеріне әкеледі, ал ол өз кезегінде топырақ қызметіне әсер етеді. Топырақ омыртқасыздарының кейбір тобы биоиндикатор есебінде қолданылады [1].

Топырақ мезофаунасы (0,02-4 мм) топырақтың көп бөлігінде таралған (негізінен топырақтың алғашқы 5 см бөлігі) және ыдырау, гумификация процестеріне қатысып отырады. Жауын құрттары (*Lumbricidae*) топырақ құрылымын, микроқұрылымын және құнарлылығын қалыптастыратын негізгі топырақ құраушылары болып табылады [2].

Жауын құрттары күрделі органикалық қосылыстарды өсімдіктер пайдалана алатын қоректік заттарға ыдыратып, өсімдік қалдықтарын ұсақтау және тасымалдау арқылы микроорганизмдер популяциясына, топырақ ылғалдылығына және аэрацияға әсер ететін қарапайым заттарға айналдыруға қатысады. Сонымен қатар, олар өзін-өзі басқаратын процестердің дамуына және микрофлора мен мезофаунаның симбиотикалық қатынастарына ықпал ететін дамыған дрилофраны (жауын құрттарының айналасындағы микроорганизмдермен қаныққан аймақ) жасайды [3].

Жауын құрттары әр топырақ бөлігінде кемінде бір түрі кездесетіндіктен таптырмас индикатор болып табылады. Олардың ареалы тереңдігіне байланысты өзгеріп отырады: эпигенді, эндогенді және анецидті құрттар қоңыржай аймақтардан табылуы мүмкін. Сонымен қоса, олар қысқа арақашықтыққа ғана миграцияланады, бір мезгілде сезімталдық әрі тұрақтылық қасиет көрсетеді. Омыртқасыздардың бұл тобы біршама летальдық және сублетальдық тестілеуден өткен. *E. Fetida* кешенінен *Eisenia fetida andrei* әдетте, летальдық тестілеу үшін қолданылады, себебі ол генетикалық тұрғыдан біртекті. *Lumbricus terrestris* пен *Allolobophora caliginosa* түрлерінің сезімталдығы жоғары болса да, оларды өсіру жағдайлары қиын болғандықтан, биоиндикатор ретінде сирек қолданылады [4, 5].

Соңғы жылдары қалалық ортаның өзгерісіне топырақ фаунасының реакциясын зерттеуге бағытталған зерттеу жұмыстары көптеп жүргізілуде. Қала топырағын кейде «жасанды топырақ» деп те атайды, себебі ол қалалық құрылыс пен тұрғындардың күнделікті тіршілігі әрекетінде қайта жасалады [6]. Топырақтың қайта жасалуы кезінде сынған кірпіш, шыны және фарфор, ас үй қалдықтары, тыңайтқыштар және т. б. сияқты жасанды материалдар қалалық топырақтармен араласады, нәтижесінде топырақ рН-ның жоғарылауына әкеледі [7].

Ауыр металдар мен топырақ фаунасы арасындағы байланысты анықтауға көп күш жұмсалды. Ауыр металдар табиғи түрде топырақта төмен концентрацияда болады. Жоғары концентрацияда және олардың уыттылығына байланысты олар күрделі мәселе тудыруы мүмкін қоршаған ортаны ластаушы негізгі заттар болып табылады

[8]. Кейбір жағдайларда өнеркәсіптік, тау-кен және ауылшаруашылық жұмыстары топырақтың ауыр металдармен айтарлықтай ластануына әкеледі. Бұл барған сайын күрделі экологиялық мәселеге айналуға және шығарындылар көздеріне жақын экожүйелерге зиян тигізуде [9]. Ауыр металдардың көпшілігі топырақтың беткі қабаттарына түседі, онда олар органикалық заттармен байланысады. Қоректік заттардың ыдырауы және минералдануы сияқты маңызды биологиялық процестер жүретін экожүйенің бөліктеріндегі пайдалы микроэлементтердің қозғалғыштығы мен биоқолжетімділігін төмендетеді [10]. Ауыр металдармен ластанған топырақтар адам мен басқа организмдердің денсаулығына үлкен қауіп төндіретін экологиялық мәселе болып есептеледі. Ластанған жерлерді өңдеу және ауыр металдардың әсерін әдеттегі процедуралармен азайту қымбат процесс және көп уақытты талап етеді [11, 12].

Ауыр металдардың шектік мөлшерден артық болуы топырақтағы органикалық заттардың ыдырау жылдамдығын төмендететіні эксперименталды түрде дәлелденді [13]. Атмосфераға енетін ауыр металдардың барлығы дерлік (мырыш пен кадмийден басқа) топырақтың беткі қабатында жиналып, ыдырайтын организмдердің тіршілік әрекетін бұзады. Жауын құрттары топырақ мезофаунасының маңызды бөлігін құрайды [14]. Детритпен байланысты қоректік заттардың айналымы мен бөлінуінің экологиялық қатысушылары ретінде олар топырақ сапасының экологиялық мониторингі мен топырақтың ластануын бағалаудың сенімді көрсеткіштері болып табылады. Бұл олардың топырақтық экотоксикологиялық зерттеулерінде кеңінен қолданылуымен расталады [15].

Топырақтан бөлінген ауыр металдар жауын құрттарына тері арқылы, сондай-ақ ластанған топырақты жұту және қорыту кезінде енеді. Қатты ластану, әсіресе топырақтың қышқылдануымен бірге, жауын құрттарының популяциясына кері әсерін тигізеді және популяция санының азаюына, тіпті толығымен жойылуына әкеледі. Бұл реакциялар ластаушы заттардың дозасына және зерттелетін аймақтың ластану мерзімінің ұзақтығына байланысты. Осы аталған деректер жауын құрттарын ластанған аумақтардың биоиндикаторлары ретінде қолданудың маңыздылығын растайды [16, 17]. Бүгінгі таңда Алматы қаласы мен Алматы облысы мезофаунасының топырақ компоненттерінің құрамы мен құрылымы іс жүзінде толық зерттелмегендігі, осы жұмысты жүргізуге негіз болып отыр.

Жұмыстың басты мақсаты – антропогендік факторлардың топырақ мезофаунасының санына, түрлік құрамы және құрылымына әсері туралы түсінікті кеңейту.

Материалдар мен әдістер

2020-2023 жылдары мамыр және қараша айы аралығында зерттелетін аумақтардан топырақ және топырақ мезофаунасының үлгілері сыналды. Қала маңындағы және қалалық экожүйелер Lumbricidae саны мен түрлерінің алуантүрлілігін салыстыру үшін таңдалды. Алматы қаласы мен Алматы облысының 8 учаскесінен топырақ үлгілері келесідей алынды: Іле Алатауының солтүстік беткейлеріндегі 3 фондық (қала маңындағы) учаске (шырша орманы, аралас орман және Альпі шалғындары) және мұнай

базалары, автожанармай құю станциялары, жылу электр станциялары маңындағы, сондай-ақ жанданған қалалық магистральдар бойындағы 5 эксперименттік (қалалық) учаске және қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан магистральдар (1-кесте).

Кесте 1

Зерттеу аймақтарының топырақ жамылғысы мен географиялық орналасуына сипаттама

№	Зерттеу аймағы	Топырақ түрі	Координаттары	
1	Іле Алатауының солтүстік беткейлері	Шырша орманы	Таулы орманды топырақ	43.271645, 77.404139
2		Аралас орман	Таулы орманды топырақ	43.240664, 77.402290
3		Альпілік шалғындар	Таулы шалғынды топырақ	43.204274, 77.387493
4	Мұнай базаларына жақын орналасқан топырақтар	Су жайылмасының аллювиалды шалғынды топырағы	43.378368, 76.897064	
5	Қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан жанармай құю станцияларының жанындағы топырақтар	Күңгірт топырақ	43.206409, 76.827859	
6	Жылу электр станцияларының маңындағы топырақтар	Сұр топырақ	43.271602, 76.782518	
7	Қалалық жанданған трассалардың бойында орналасқан топырақтар	Сұр топырақ	43.305909, 76.897661	
8	Республикалық трассалардың бойында орналасқан топырақтар	Сұр, таулы қызғылт топырақ	43.244531, 76.373454	

Люмбрицидтердің санын анықтау Гиляровтың топырақтық-зоологиялық зерттеулерінде қабылданған әдісін қолдану арқылы жүзеге асырылды. Топырақ омыртқасыздары 0,25 м² алаңнан топырақ омыртқасыздарының пайда болу тереңдігіне (1 м) дейін сынама алу арқылы есептелді.

Әр сынақ алаңынан 12 үлгі алынды. Далалық жағдайда мезофауна әр қабаттан алынған үлгілерді қолмен бөлшектеу арқылы есептелді (төсеніш қабат, 0-5 см, 5-10 см, 10-20 см, 20-30 см және 30-40 см). Жауын құрттары әлсіз (0,5%) формалин ерітіндісімен бекітілді [18]. Әр учаскеде топырақ мезофаунасының саны (1м²-ге топырақтағы мезофауна мөлшері) және түрлердің байлығы (таксондардың жалпы саны) тіркелді. Люмбрицидтерді анықтау Всеволодова-Перель (1997) және Матвеева (1982) сәйкестендіру кестелеріне сәйкес жүргізілді [19]. Зерттеу барысында популяция деңгейінде түрлердің құрамы, түрлердің саны, пайда болу тығыздығы (аудан бірлігіне шаққандағы даралар саны), зерттелетін биогеоценоздар люмбрицидтерінің биомассасы, сондай-ақ педобионттардың әртүрлі топтарының пайда болуы мен саны сияқты көрсеткіштер ескерілді. Түрлердің пайда болуы люмбрицидтер табылған үлгілер пайызының жиналған үлгілердің жалпы санына қатынасы ретінде анықталды [20]. Сандық мөлшері белгілі бір аумақта табылған

даралардың жалпы саны (топырақ мезофаунасының жалпы саны) ретінде анықталды. Люмбрицидтердің биомассасы организмдерді тікелей өлшеу арқылы анықталды.

Зерттеу аймағындағы топырақ ылғалдылығы тура әдіс арқылы анықталды. Бұл әдіс топырақ ылғалдылығын далалық жағдайда зерттеудің классикалық түрі, топырақ үлгісін кептіріп, оның құрамындағы су мөлшері анықталады. Топырақтағы қарашірік мөлшері М.С. Гиляров ұсынған әдіс бойынша, ал қышқылдығын анықтау Каппен әдісімен жүргізілді. Әдіс топырақтың минералды ерітіндіге 1:2,5 қатынасы шымтезек үшін және басқа органикалық топырақ пен тау жыныстары үшін 1:150 ерітіндісіне қатынасында $c=1$ моль/дм³ концентрациясындағы натрий сірке қышқылының (CH₃COONa) ерітіндісімен өңдеуге негізделген, содан кейін суспензиялардың рН мәні бойынша гидролитикалық қышқылдықты анықтайды [18].

Әрбір зерттелетін учаскенің топырағындағы ауыр металдардың құрамы «Қазэкология» үкіметтік емес консалтингтік ұйымының (Алматы, Қазақстан Республикасы) зертханасында атомдық-абсорбциялық спектрометрия әдісімен анықталды. Улы элементтердің мөлшерінің математикалық сенімділігі стандартты әдістерді қолдану арқылы анықталды [21].

Зерттеу нәтижелері

Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижесінде Іле Алатауының бөктерінде орналасқан фондық және эксперименталдық учаскелерден топырақ мезофаунасының кең тараған өкілі – жауын құрттарының 6 туысына жататын 11 түрі анықталды (2-кесте).

Кесте 2

Зерттеу нәтижесінде анықталған Lumbricidae тұқымдасына жататын туыстар мен түрлер

Туыс	Түр	Түр саны	%
<i>Approctodea</i>	<i>A. rosea</i> , Savigni, 1826 <i>A. caliginosa</i> , Savigni, 1826	2	18,2
<i>Dendrobaena</i>	<i>D. octaedra</i> , Savigny, 1826	1	9,09
<i>Eisenia</i>	<i>E. foetida</i> , Savigni, 1826 <i>E. nordenskioldi</i> , Eisen, 1879	2	18,2
<i>Lumbricus</i>	<i>L. castaneus</i> , Savigny, 1826 <i>L. rubellus</i> , Hoffinister, 1843 <i>L. terrestris</i> , Linnaeus, 1758	3	27,2
<i>Nicodrilus</i>	<i>N. caliginosus</i> , Eisen, 1874 <i>N. longus</i> , Ude, 1885	2	18,2
<i>Octolasion</i>	<i>O. lacteum</i> , Orley, 1885	1	9,09
Барлығы		11	100

Ең жиі кездесетін түрлер – *Lumbricus* туысының өкілдері (3 түр). Ал, *Dendrobaena* және *Octolasion* туысынан тек 1 түрден тіркелді. Анықталған түрлердің зерттелген учаскелерде кездесу жиілігі әрқалай болды [22]. Фондық учаскеде барлық түрлердің кездесу жиілігі жоғары болса, эксперименталдық учаскелерде кейбір түрлердің тіпті 1 данасы ғана табылды. Бұл жағдай, әсіресе, ластану деңгейі жоғары учаскелерде байқалды.

Топырақ мезофаунасының түрлік құрамын зерттеумен қатар, олардың физико-химиялық қасиеттері де анықталды. Алынған деректер кейіннен топырақ жағдайларының жауын құрттарының таралуына әсерін талдау үшін пайдаланылды. Зерттеу аймақтары топырағының физико-химиялық қасиеттерін сипаттау кезінде оның қарашірік мөлшері, қышқылдығы және ылғалдылығы сияқты көрсеткіштері зерттелді. Алынған нәтижелер 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3

Зерттеу аймақтарындағы топырақтардың физико-химиялық көрсеткіштері

Сынама аймақ №	Органикалық заттың массалық үлесі (гумус), %	Қышқылдығы, рН бірл.	Ылғалдылығы, %
1	5,86±0,42	4,21±0,3	25,14±0,41
2	6,01±0,36	4,03±0,3	26,01±0,36
3	6,23±0,11	4,26±0,3	27,21±0,62
4	4,63±0,51	5,56±0,3	21,02±0,34
5	4,38±0,74	5,89±0,3	15,06±0,43
6	2,96±0,52	6,57±0,3	17,51±0,61
7	3,58±0,22	6,11±0,3	16,41±0,27
8	3,72±0,36	5,06±0,3	19,25±0,23

Ескерту: Іле Алатауының солтүстік беткейлері (фондық учаскелер) 1-Шырша орманы; 2-Аралас орман; 3-Альпілік шалғындар; Тәжірибелік учаскелер: 4-Мұнай базаларына жақын орналасқан топырақтар; 5-Қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан жанармай құю станцияларының жанындағы топырақтар; 6-Жылу электр станцияларының маңындағы топырақтар; 7-Қалалық жанданған трассалардың бойында орналасқан топырақтар; 8-Республикалық трассалардың бойында орналасқан топырақтар.

Педомезобионттар ішінде *Lumbricidae* тұқымдасы барлық жерде доминант болып табылады. Фондық және әлсіз ластанған биогеоценоздарда жауын құрттары орта есеппен 64,6 % құрайды, ал ластанған аймақтарда 55,2 % люмбрицидтер байқалды. Фондық биогеоценоздар топырағындағы органикалық заттардың массалық үлесі 5,86-дан 6,23 %-ға дейін, ылғалдылығы 25,14-27,21 % аралығында, бұл зерттелген биогеоценоздардың ішіндегі ең жоғарғы көрсеткіш. Әр түрлі жем-шөп дақылдары тұрақты өсірілетін биотоп шеңберіндегі люмбрицидтердің жоғары пайыздық көрсеткіші есебінен, ластанған биогеоценоздарда да жауын құрттары басым топ болып қала береді [23].

Осы биоценоздардың топырақтарын зерттеу кезінде қарашірік пен ылғалдылықтың салыстырмалы жоғары көрсеткіштері байқалды.

Әрі қарай зерттелетін жерлерден алынған топырақ үлгілерінің химиялық құрамы талданды. Қалалық және фондық (табиғи) биоценоздардағы улы элементтердің құрамын анықтау кезінде мезофаунаның түрлік және сандық құрамына әсер ететін төрт негізгі элемент анықталды: қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап (4-кесте).

Кесте 4

Зерттелетін учаскелердің топырақтарындағы ауыр металдардың (мг/кг) құрамы (X±t)

Сынама аймақ №	Кадмий (Cd)	Қорғасын (Pb)	Мышьяк (As)	Сынап (Hg)
1	0,05±0,0013***	0,9±0,10***	0,24±0,015***	0,010±0,006**
2	0,04±0,0017***	0,6±0,15***	0,14±0,014***	0,009±0,03**
3	0,03±0,0008***	0,5±0,15***	0,06±0,002***	0,001±0,012**
4	0,25±0,0024***	11,2±0,17***	2,84±0,05***	0,03±0,0462***
5	0,20±0,0017***	9,3±0,22***	1,7±0,08***	0,016±0,0031
6	0,23±0,0027***	16±0,70***	2,8±0,07***	0,048±0,012***
7	0,11±0,001***	6,7±0,12***	2,7±0,11***	0,02±0,0042
8	0,17±0,0018***	10,7±0,11***	1,53±0,02***	0,018±0,013**

Ескерту: Іле Алатауының солтүстік беткейлері (фондық учаскелер) 1-Шырша орманы; 2-Аралас орман; 3-Альпілік шалғындар; Тәжірибелік учаскелер: 4-Мұнай базаларына жақын орналасқан топырақтар; 5-Қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан жанармай құю станцияларының жанындағы топырақтар; 6-Жылу электр станцияларының маңындағы топырақтар; 7-Қалалық жанданған трассалардың бойында орналасқан топырақтар; 8-Республикалық трассалардың бойында орналасқан топырақтар.

Өнеркәсіптік ластану кезінде ауыр металдардың көп мөлшері топырақтың беткі қабаттарына енеді және органикалық компонентпен байланысып, экожүйелердегі ең маңызды биологиялық процестерге қажетті микроэлементтердің биожетімділігін төмендетеді. Анатомиялық және физиологиялық ерекшеліктеріне байланысты жауын құрттары ластанудың бұл түріне алғашқылардың бірі болып жауап береді [24].

Талқылау

Алынған зерттеу нәтижелері люмбрицид фаунасының таралуына топырақтың физико-химиялық көрсеткіштері тікелей әсер ететінін көрсетті. Топырақтың ылғалдығы оптималды, органикалық заттарға бай, қышқылдығы төмен орта жауын құрттардың тіршілік етуіне ең қолайлы жағдай болып табылады [25].

Жауын құрттарының алуан түрлілігі мен қалалық биоценоздардың тығыздығы өнеркәсіптік нысандардың жақындығына тікелей тәуелді. Сонымен, жылу электр

станцияларынан 1 км радиуста жиналған топырақ үлгілерінде жауын құрттары мүлде кездеспеді, ал мұнай базаларына жақын топырақтарда олардың саны да аз болды. Құрттардың жалпы тығыздығы топырақтағы ауыр металдардың концентрациясына кері пропорционал екені анықталды. Люмбрицидтердің кейбір түрлері топырақтың ауыр металдармен ластануына сезімтал болды және төзімді түрлері де кездесті. Мысалы, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus* және *Lumbricus terrestris* сияқты ауыр металдарға тұрақты түрлер жанармай құю станцияларының жанындағы топырақта тіршілігін жоймаған. Ал *Aporrectodea rosea* және *Aporrectodea caliginosa* өкілдері байқалмады.

Ауыр металдармен топырақтың ең көп таралған ластануы көліктердің пайдаланатын отын түріне байланысты [26]. Газ-моторлы отынмен жұмыс істейтін көлік құралдары Қазақстандағы барлық автокөлік құралдарының тек 15 %-ын құрайды. Қазақстанда дизельді қозғалтқыштары бар жүк автомобильдерінің үлесі орта есеппен 30 %-дан аспайды, ал көлік құралдарының қалған 55 %-ы бензинді отын ретінде пайдаланады [27]. Осылайша, автомобиль көлігінің көп бөлігі қоршаған ортаны ластап, құрамында улы элементтер бар пайдаланылған газдарды бөледі. Сонымен қатар, жылу электр станцияларының шығарындыларында барлық тірі организмдерге теріс әсер ететін улы заттар бар. Топырақтық-зоологиялық зерттеулерде топырақтағы ауыр металдардың құрамын анықтау өте маңызды, өйткені олардың көпшілігі топырақтың беткі төсеніш қабатында жиналып, топырақ организмдерінің тіршілігіне кері әсер етеді [28].

Зерттеулер көрсеткендей, қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап сияқты улы элементтердің мөлшері бақылау әдісінің сезімталдығына байланысты. Кадмий мен мышьяқтың максималды мөлшері мұнай базаларына жақын топырақта байқалды. Осы зерттеуде ұсынылған нәтижелерде кадмий мөлшері $0,25 \pm 0,0024$ мг/кг, ал мышьяк мөлшері $2,84 \pm 0,05$ мг/кг құрады, бұл оларды жоюшы жүйенің/инфрақұрылымның болмауына байланысты ауданда әртүрлі тұрмыстық қалдықтарды көмудің салдарынан болуы мүмкін. Алатау ауданына қарасты Алғабас ықшам ауданының жылу электр станциясына жақын жердегі топырақта қорғасын мен сынаптың ең жоғары мөлшері табылды, олар тиісінше $16 \pm 0,70$ мг/кг және $0,048 \pm 0,012$ мг/кг-ға жетті. Осылайша, қалалық биоценоздарда беткі төсеніш қабаты антропогендік әсер және ластаушы заттардың (атап айтқанда, ауыр металдардың) көп мөлшерде жиналатын орны, сондықтан осы аумақтарды мекендейтін түрлер ең сезімтал деген тұжырым жасауға болады.

Қорытынды

Зерттеу жұмысы барысында анықталған қалалық және табиғи экожүйелердің люмбрикофаунасының саны мен түрлік популяциясындағы айырмашылықтар антропогендік факторлардың жауын құрттарының тіршілік әрекетіне айтарлықтай әсері бар екенін айғақтайды. Табиғи биоценоздарда жауын құрттарының барлық дерлік түрлері максималды мөлшерде табылды. Керісінше, қалалық экожүйелерде олардың саны мен түрлік құрамы айтарлықтай төмендеді және *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea caliginosa* сияқты топырақтың ластануына ең сезімтал түрлер мүлде кездеспеді. Бұл көптеген автомобильдердің, мұнай базаларының, зауыттардың және

жылу электр станцияларының қоршаған ортаны ауыр металдармен ластауына, қалалық экожүйелерге антропогендік жүктеменің артуына байланысты. Ауыр металдар ластаған топырақтардан жауын құрттардың денесіне сіңе отырып, ағзадағы негізгі элементтердің орнын басады және метаболизм процесіне қатысады. Нәтижесінде, бүкіл тірі ағзалардың тіршілік айналымына еніп, түрлі аурулар туындатуы мүмкін. Жауын құрттары популяциясының саны мен түрлік құрамы топырақтың физикалық және химиялық күйінің тікелей көрсеткіші болып табылады.

Мүдделер қақтығысы

Автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

Авторлардың үлесі

Серікбекқызы Г.: концептуализация; жазу – бастапқы жобаны дайындау; жазу – шолу және өңдеу; зерттеу; басқару.

Әдебиеттер тізімі

1. Нагуманова Н.Г., Кошеленко Е.Е. Сообщества почвенных беспозвоночных как биоиндикаторные системы // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2007. – №2(48). – С. 38-45.
2. Paul B., Keith M., Creer S., et al. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme // Soil Biology and Biochemistry. – 2017. – Vol. 115. – P. 537-546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.022>.
3. Sivakumar S. Effects of metals on earthworm life cycles: A review // Environmental Monitoring and Assessment. – 2015. – Vol. 187(8). – P. 4738-4742.
4. Yorkina N., Zhukov O., Chromysheva O. Potential possibilities of soil mesofauna usage for biodiagnostics of soil contamination by heavy metals // Ekologia. – 2019. – Vol. 38(1). – P. 1-10. DOI: <https://10.2478/eko-2019-0001>.
5. Bessolitsyna E.P. Assessment of taxonomic diversity of soil biota for landscape planning // Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 381. DOI: <https://10.1088/1755-1315/381/1/012011>.
6. Yu Sh., Qiu J., Chen X. Soil mesofauna community changes in response to the environmental gradients of urbanization in Guangzhou city front // Ecol. Evol. – 2021. – Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.546433>.
7. Cheng J., Wong M.H. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils // Biol. Fertil. Soils. – 2002. DOI: <https://10.1007/s00374-002-0507-z>.
8. Garg P., Satya S., Sharma S. Effect of heavy metal supplementation on local (*Allolobophora parva*) and exotic (*Eisenia fetida*) earthworm species: a comparative study // Journal of Environmental Science and Health. – 2009. – Vol. 44. – P. 1025-1032.
9. Дорохов К.В., Шелуха В.П. Влияние антропогенных воздействий на динамику трофической структуры и плотности мезофауны // Лесной вестник. – 2014. – №4. – С. 103-111.
10. Lukkari T., Teno S., Vaisanen A., Haimi J. Effects of earthworms on decomposition and metal availability in contaminated soil: microcosm studies of populations with different exposure histories // Soil Biology and Biochemistry. – 2010. DOI: <https://10.1016/j.soilbio.2005.05.015>.

11. Narayanan P, Sathrumithra S. Current distribution of the invasive earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) after a century of its first report from Kerala state // *Opuscula Zoologica*. – 2016. – Vol. 47. – P. 101-107.
12. Kapil P, Rajeev K, Mahipal S, Sankhla S.S. Impact of heavy metals on survivability of earthworms // *International medico-legal reporter journal*. – 2019. – Vol. 2. – P. 51-57.
13. Snyder B.A., Callaham M.A. Soil fauna and their potential responses to warmer soils, in: Mohan J.E. (ed.), *Ecosystem Consequences of Soil Warming: Microbes, Vegetation* // *Fauna and Soil Biogeochemistry*. – 2019. – P. 279-296.
14. Liu L.L., Shi J.J., Zhao X.Y., et al. Dynamics of transfer and distribution of ⁹⁵Zr in the broadbean-soil ecosystem // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2005. – Vol. 80. – P. 217-223. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.09.001>
15. Shefali B.L., Yadav R.G. Assessment of histological alterations induced by heavy metal exposure on earthworms // *International Journal of Conservation Science*. – 2018. – Vol. 6. – P. 1436-1438.
16. Бабенко А.С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы состояния территории. - Томск, 2013. – 40 с.
17. Соколова Т.Л. Диагностические возможности почвенной мезофауны // *Вестник Костромской государственной университет им.Н.А. Некрасова*. – 2010. – №3. – С. 13-14.
18. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – Москва: Наука, 1985. – 277 с.
19. Матвеева Д.Г. Дождевые черви семейства Lumbricidae Московской области. Почвенные беспозвоночные Московской области / Д.Г. Матвеева, Т.С. Перель. – М.: Наука, 1982. – С. 133-143.
20. Стриганова Б.Р. Методы фиксации, хранения и лабораторного содержания почвообитающих беспозвоночных // *Количественные методы в почвенной зоологии*. — М.: Наука, 1987. – С. 72-87.
21. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия / Учебное пособие. 2-е изд. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. – 101 с.
22. Seribekkyzy G., Saimova R.U., Saidakhmetova A.K., Saidakhmetova G.K., Esimov B.K. Heavy metal effects on earthworms in different ecosystems // *Journal of animal behavior and biometeorology*. – 2022. – Vol. 10(3) 2228. DOI: <https://doi.org/10.31893/jabb.22028>.
23. Syrgabek Y.A., Alimzhanova M. Soil fauna of vineyards of Southeast Kazakhstan // *Почвоведение и агрохимия*. – 2020. – Vol. 4. – P. 57-66.
24. Sizmur T., Hodson M.E. Do earthworms impact metal mobility and availability in soil? A review // *J. Environ. Pollut.* – 2009. – Vol. 157. – P. 1981-1989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.02.029>.
25. Tukenova Z., Mustafayev M., Alimzhanova M., et al. Influence of pesticides on the biological activity of light chestnut soils in South-East Kazakhstan // *Journal of water and land development*. – 2021. – Vol. 48(I-III). – P. 141-147. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136157>.
26. Парфенова Е.А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в результате влияния выбросов автотранспорта // *Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского*. – 2011. – №25. – С. 590-592.
27. Каким топливом чаще всего заправляются казахстанцы? [Электронды ресурс] – URL: <https://ffins.kz/blog/216-kakim-toplivom-chasche-vsego-zapravlyayutsya-kazakhstantsy> (жүгінген күні: 19.10.2022).
28. Исаева А.У. Аккумуляция ионов свинца дождевыми червями в суглинистых почвах Южного Казахстана // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2018. – №3. – С. 11-14.

Г. Серибеккызы

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

Использование видового состава почвенной мезофауны в диагностике антропогенно загрязненных биогеоценозов

Аннотация. Почвенные беспозвоночные являются важной движущей силой многих основных процессов в почве, таких как образование почвенных агрегатов, удержание воды и поглощение органических веществ. Дождевые черви, являясь постоянными обитателями почвы, играют роль индикатора, передающего информацию о состоянии этой среды. В данной работе было выявлено антропогенное загрязнение городских и пригородных биогеоценозов путем изучения видового состава и численности люмбрицидов. С 8 участков г. Алматы и области были взяты образцы почвы, изучены физико-химические показатели. В фоновых и слабо загрязненных биогеоценозах количество дождевых червей составляет в среднем 64,6 %, а в загрязненных регионах 55,2 %. При определении содержания токсичных элементов в городских и фоновых (природных) биоценозах были выявлены четыре основных элемента, влияющих на видовой и количественный состав мезофауны: свинец, кадмий, мышьяк и ртуть. Максимальное содержание кадмия и мышьяка наблюдается в почвах вблизи нефтебаз: содержание кадмия составило $0,25 \pm 0,0024$ мг/кг, а содержание мышьяка $2,84 \pm 0,05$ мг/кг. А в почве вблизи теплоэлектростанции микрорайона Алгабас Алатауского района зафиксировано максимальное содержание свинца и ртути, которое достигло $16 \pm 0,70$ мг/кг и $0,048 \pm 0,012$ мг/кг соответственно.

Ключевые слова: дождевые черви, антропогенное загрязнение, видовой состав, образцы почвы, биоиндикатор, тяжелые металлы.

G. Seribekkyzy

Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan

The use of the species composition of the soil mesofauna in the diagnosis of anthropogenic contaminated biogeocenoses

Annotation. Soil invertebrates are an important driving force behind many basic soil processes, such as the formation of soil aggregates, water retention, and absorption of organic matter. Earthworms, being permanent inhabitants of the soil, play the role of an indicator transmitting information about the state of this environment. In this work, anthropogenic pollution of urban and suburban biogeocenoses was revealed by studying the species composition and abundance of lumbricids. Soil samples were taken from 8 sites in Almaty and the region, physico-chemical parameters were studied. In background and slightly polluted biogeocenoses, the number of earthworms averages 64.6%, and in polluted regions 55.2%. When determining the content of toxic elements in urban and background (natural) biocenoses, four main elements were identified that affect the species and quantitative composition of the mesofauna: lead, cadmium, arsenic and mercury. The maximum content of cadmium and arsenic is observed in soils near oil depots: the cadmium content was 0.25 ± 0.0024 mg/kg, and the arsenic content was 2.84 ± 0.05 mg/kg. And in the soil near the thermal power plant of the Algabas microdistrict of the Alatau district, the maximum content of lead and mercury was recorded, which reached 16 ± 0.70 mg/kg and 0.048 ± 0.012 mg/kg, respectively.

Keywords: earthworms, anthropogenic pollution, species composition, soil samples, bioindicator, heavy metals.

References

1. Nagumanova N.G., Koshelenko E.E. Soobshchestva pochvennyh bespozvonochnyh kak bioindikatornye sistemy, Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 2 (48), 38-45 (2007). [in Russian]
2. Paul B., Keith M., Creer S., et al. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme, Soil Biology and Biochemistry, 115, 537-546. (2017).
3. Sivakumar S. Effects of metals on earthworm life cycles: A review, Environmental Monitoring and Assessment, 187(8), 4738-4742 (2015).
4. Yorkina N., Zhukov O., Chromysheva O. Potential possibilities of soil mesofauna usage for biodiagnostics of soil contamination by heavy metals, Ekologia, 38(1), 1-10 (2019). DOI: <https://10.2478/eko-2019-0001>.
5. Bessolitsyna E.P. Assessment of taxonomic diversity of soil biota for landscape planning, Earth and Environmental Science, 381 (2019). DOI: <https://10.1088/1755-1315/381/1/012011>.
6. Yu Sh., Qiu J., Chen X. Soil mesofauna community changes in response to the environmental gradients of urbanization in Guangzhou city front, Ecol. Evol., 8 (2021). DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.546433>.
7. Cheng J., Wong M.H. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils, Biol. Fertil. Soils. (2002). DOI: <https://10.1007/s00374-002-0507-z>.
8. Garg P., Satya S., Sharma S. Effect of heavy metal supplementation on local (*Allolobophora parva*) and exotic (*Eisenia fetida*) earthworm species: a comparative study, Journal of Environmental Science and Health, 44, 1025-1032 (2009).
9. Dorohov K.V., Sheluho V.P. Vliyanie antropogennyh vozdeystvij na dinamiku troficheskoy struktury i plotnosti mezofauny, Lesnoj vestnik, 4, 103-111 (2014). [in Russian]
10. Lukkari T., Teno S., Vaisanen A., Haimi J. Effects of earthworms on decomposition and metal availability in contaminated soil: microcosm studies of populations with different exposure histories, Soil Biology and Biochemistry (2010). DOI: <https://10.1016/j.soilbio.2005.05.015>.
11. Narayanan P., Sathrumithra S. Current distribution of the invasive earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) after a century of its first report from Kerala state, Opuscula Zoologica, 47, 101-107 (2016).
12. Kapil P., Rajeev K., Mahipal S., Sankhla S.S. Impact of heavy metals on survivability of earthworms, International medico-legal reporter journal, 2, 51-57 (2019).
13. Snyder B.A., Callahan M.A. Soil fauna and their potential responses to warmer soils, in: Mohan J.E. (ed.), Ecosystem Consequences of Soil Warming: Microbes, Vegetation, Fauna and Soil Biogeochemistry, 279-296 (2019).
14. Liu L.L., Shi J.J., Zhao X.Y., et al. Dynamics of transfer and distribution of ⁹⁵Zr in the broadbean-soil ecosystem, Journal of Environmental Radioactivity, 80, 217-223 (2005). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.09.001>.
15. Shefali B.L., Yadav R.G. Assessment of histological alterations induced by heavy metal exposure on earthworms, International Journal of Conservation Science, 6, 1436-1438 (2018).
16. Babenko A.S. Pochvennye bespozvonochnye kak indikatory sostoyaniya territorii, 40 (2013). [in Russian]

17. Sokolova T.L. Diagnosticheskie vozmozhnosti pochvennoj mezofauny, Vestnik Kostromskoj gosudarstvennyj universitet im.N.A. Nekrasova, 3, 13-14 (2010). [in Russian]
18. Gilyarov M.S. Zoologicheskij metod pochvennoj diagnostiki (Moskva, Nauka, 1985, 277 p.). [in Russian]
19. Matveeva D.G. Dozhdevye chervi semejstva Lumbricidae Moskovskoj oblasti. [Pochvennye bespozvonochnye Moskovskoj oblasti] [D.G. Matveeva, T.S. Perel'] (M.: Nauka, 1982, 133-143 p.). [in Russian]
20. Striganova B.R. Metody fiksacii, hraneniya i laboratornogo sodержaniya pochvennyh bespozvonochnyh [Kolichestvennyye metody v pochvennoj zoologii] (Moskva, Nauka, 1987, 72-87 p.). [in Russian]
21. Ivanter E.V., Korosov A.V. Elementarnaya biometriya [Uchebnoe posobie. 2-e izd.] (Petrozavodsk, PetrGU, 2010, 101 p.). [in Russian]
22. Seribekkyzy G., Saimova R.U., Saidakhmetova A.K., Saidakhmetova G.K., Esimov B.K. Heavy metal effects on earthworms in different ecosystems, Journal of animal behavior and biometeorology, 10 (3), 2228 (2022). DOI: <https://doi.org/10.31893/jabb.22028>.
23. Syrgabek Y.A., Alimzhanova M. Soil fauna of vineyards of Southeast Kazakhstan, Pochvovedenie i agrohimiya, 4, 57-66 (2020).
24. Sizmur T., Hodson M.E. Do earthworms impact metal mobility and availability in soil? A review, J. Environ. Pollut., 157, 1981-1989 (2009). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.02.029>.
25. Tukenova Z., Mustafayev M., Alimzhanova M., et al. Influence of pesticides on the biological activity of light chestnut soils in South-East Kazakhstan, Journal of water and land development, 48(I-III), 141-147 (2021). DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136157>.
26. Parfenova E.A. Ocenka zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami v rezul'tate vliyaniya vybrosov avtotransporta, Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo, 25, 590-592 (2011). [in Russian]
27. Kakim toplivom chashche vsego zapravlyayutsya kazahstancy? [Electronic resource] – URL: <https://ffins.kz/blog/216-kakim-toplivom-chasche-vsego-zapravlyayutsya-kazahstantsy> (accessed: 19.10.2022).
28. Isaeva A.U. Akkumulyaciya ionov svinca dozhdevnymi chervyami v suglinistyh pochvah Yuzhnogo Kazahstana, Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 3, 11-14 (2018). [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет:

Серібекқызы Г. – докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазыбек би, 30, Алматы, Қазақстан.

Information about the authors:

Seribekkyzy G. – PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek Bi Street, 30, Almaty, Kazakhstan.