Effect of zoogenic litter on soil's chemical properties in forest biogeocoenoses of steppe Prydniprov'ia

M. V. Shulman, O. Y. Pakhomov

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 11.11.2018

Received in revised form

16.11.2018

Accepted 20.11.2018

*Oles Honchar Dnipro
National University,
Gagarin Ave., 72, Dnipro,
49010, Ukraine.
Tel.: +38-099-772-43-49
E-mail: marishu@ukr.net*

Shulman, M. V., & Pakhomov, O. Y. (2018). Effect of zoogenic litter on soil's chemical properties in forest biogeocoenoses of steppe Prydniprov'ia. Ecology and Noospherology, 29(2), 131–137. doi:10.15421/031821

The aspects of the process of decomposition and recycling of zoogenic litter (dead animals of different classes) were first ascertained for the steppe Prydniprov'ia. Influence of destruction of necrotic organic matter on soil properties (*pH*, *NPK*-complex) in forest ecosystems in the steppe zone of Ukraine was estimated. Decomposition and recycling processes of dead animals (chickens, rats) on the experimental plots in biogeocoenoses with artificial oak plantations, sampling soil under dead bodies after the active stages of decomposition with different soil horizons at the same time with control samples, its chemical analysis allowed to determine the effect of degradation necrotic organic matter on the *pH* value and the content of some chemical elements (*N*, *P*, *K*) in the soil studied ecosystems. In this article the results of investigation of the effect of zoogenic litter on some chemical properties of soil in forest biogeocoenoses of steppe Prydniprov'ia are presented. The effect of chickens and rats corpses' decomposition on the *pH* of soil, nitrogen, phosphorus and potassium indexes in the soil is analyzed. The influence of the expansion of animal carcasses on soil chemical properties in different soil horizons compared with control values (without the presence of animal carcasses) is identified. It was found that under the effect of decomposition of animals' corpses the *pH* of the soil increases. Under the corpses of chickens *pH* increases by 6,4–16,7 %, and rats – 2,2–14,2 % compared to control values. The content of nitrogen in the soil under the corpses of chickens increases by 9,5–42,2 %, and under the corpses of rats – to 25,5–25,7 %. Phosphorus content under the corpses of chickens increases by 28,4–107,7 % of rats – to 57,5–75,7 %. The content of potassium in the soil under the corpses of chickens increased by 3,63 % to 69,8 %, and the corpses of rats – by 6,8–23,0 %. Consequently zoogenic litter is an important factor in the accumulation of *NPK*-complex in the soil. Thus process of animal corpse decomposition has positive effect for chemical properties of forest soil and biogeocoenoses generally.

Keywords: zoogenic litter; necrotic organic matter; corpses of chickens; corpses of rats; excrements; *NPK*-complex in the soil; soil horizons

Вплив зоогенного опадів на хімічні властивості ґрунту в лісових біогеоценозах степового Придніпров'я

М. В. Шульман, О. Є. Пахомов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

У статті представлено результати досліджень впливу зоогенного опадів на деякі хімічні властивості ґрунту в лісових біогеоценозах степового Придніпров'я. Досліджено вплив розкладання трупів курчат і щурів на: рівень *pH* ґрунту, вміст азоту, фосфору та калію в ґрунті. Проаналізовано вплив розкладання трупів тварин на хімічні властивості ґрунту на різних ґрунтових горизонтах, порівняно з контрольними значеннями (без наявності трупів тварин). З'ясовано, що за дії розкладання трупів тварин рівень *pH* ґрунту підвищується. Під трупами курчат *pH* зростає на 6,4–16,7 %, а щурів – на 2,2–14,2 % відносно контрольних значень. Вміст азоту в ґрунті під трупами курчат зростає на 9,5–42,2 %, а під трупами щурів – на 25,5–25,7 %. Вміст фосфору під трупами курчат зростає на 28,4–107,7 %, щурів – на 57,5–75,7 %. Вміст калію в ґрунті під

трупами курчат підвищується на 3,63 % до 69,8 %, а під трупами щурів – на 6,8–23,0 %. Отже, зоогенний опад – важливий фактор у накопиченні *НПК*-комплексу в ґрунті.

Ключові слова: зоогенний опад; некроорганіка; трупи курчат; трупи щурів; екскременти; *НПК*-комплекс у ґрунті; ґрунтові горизонти

Вступ

Ґрунт – найважливіший і невід’ємний компонент будь-якого біогеоценозу. Саме в ньому відбувається взаємодія живої та неживої природи, тому він належить до класу біокосних тіл. Хімічні елементи мінеральної природи, звільняючись із кристалічних ґраток мінералів, стають частиною живої речовини, беруть участь у її життєвих процесах. І навпаки, жива речовина, відмираючи, мінералізується, переходить у мінеральну форму. У результаті життєдіяльності тваринного населення у вигляді зоогенного опадів до екосистем потрапляє значна частина переробленої автотрофної і гетеротрофної біологічної продукції. Зоогенний опад представлений відмерлою частиною зооценозу (трупи тварин) і трофометаболічним поверненням у вигляді екскреторних виділень (Pakhomov, 1998 b; Domnich, 2014).

Відмирання чи загибель тварин постійно відбувається у природі, їх трупи стають ресурсом для мікроорганізмів, безхребетних-некрофагів чи хребетних-сміттярів, тварин-санітарів. У наземних екосистемах серед усього комплексу деструкторів некроорганіки основну частину тканин утилізують комахи, а саме двокрилі та твердокрилі. Завдяки злагодженій діяльності некробіонтів та некрофагів відбувається прискорення розкладання трупів тварин. Представники некроентомофауни також беруть участь у процесі мінералізації через розкладання складних гнильних речовин до найпростіших компонентів, роблять їх доступними для інших організмів.

Вплив зоогенного опадів (трофометаболіти й трупи тварин) на хімічні властивості ґрунту має два прояви. Перший – це додаткове надходження цінного добрива, де в результаті деструкції зоогенного опадів ґрунт збагачується неорганічними та мінеральними речовинами. Другий – екскременти й трупи тварин стають хімічним катализатором, що прискорює деструкційний процес накопиченого запасу органічної речовини. Обидва ці прояви зумовлюють зміни хімічних властивостей ґрунтів і підвищують їх родючість (Bulakhov et al., 1989; Pakhomov, 1998 a).

Природна смертність мікромалій, зокрема мишоподібних гризунів, у природних екосистемах у середньому становить: при високій чисельності популяцій (до 600 особ./га) – 90–95 %; при середній чисельності (350–400 особ./га) – 75–85 %; при низькій чисельності (200–350 особ./га) – 60–70 % (Bulakhov, Pakhomov, 2006).

Причинами природної загибелі мікромалій можуть бути: інфекційні захворювання і епізоотії, природна смерть, їх участь у трофічних ланцюгах як їжа макроконсументів вищих порядків (Bulakhov, Pakhomov, 2006; Kucheruk, 2006). Слід зазначити, що загибель може наступити як на поверхні ґрунту, так і в нірках, що має велике значення у швидкості розкладання трупів тварин, оскільки обмеження доступу комах некрофільного комплексу до трупу сповільнює процес розкладання в 1,5–3 рази, у порівнянні з інтенсивністю розкладання трупів при вільному доступі некроентомофауни (Payne, 1965).

Причини природної загибелі птахів (для осілих і кочуючих видів) у природних екосистемах можливі такі: дефіцит корму, природна смертність, як ланка в трофічних ланцюгах екосистеми, інфекційні хвороби та епізоотії, суворозима (Bulakhov et al., 2008).

Трупи стають ресурсом для мікроорганізмів, безхребетних-некрофагів або хребетних-сміттярів – тварин-санітарів. У наземних екосистемах серед усього комплексу деструкторів некроорганіки основну частину

тканин утилізують комахи, головним чином представники рядів Diptera і Coleoptera (Payne, 1965; Ozerov, 1989; Blackith & Blackith, 1990; Tantawi, El-Kady, Greenberg et al., 1996; Goff, 2000; Lyabzina, 2003). Завдяки злагодженій діяльності некробіонтів і некрофагів відбувається інтенсифікація розкладання та утилізації трупів тварин (Early & Goff, 1986; Dillon, 1997; Lyabzina, 2003).

Некроентомофауна також бере участь у процесах мінералізації і в загальному біогеоценологічному колообігу речовин через розкладання (Payne, 1965; Early & Goff, 1986; Dillon, 1997).

Визначення впливу процесів розкладання зоогенного опадів на ґрунти різних за типом біогеоценозів, вивчення некрофільної фауни, участі її в процесі розкладання некроорганіки в природі, а також в умовах підвищеного антропогенного тиску є важливими аспектами екології.

Матеріали та методи досліджень

Для визначення впливу деструкції зоогенного опадів на значення *pH* та вміст деяких хімічних елементів (*N*, *P*, *K*) ґрунту нами був проведений експеримент з розкладання та утилізації трупів тварин (курчата, щури) на експериментальній ділянці в біогеоценозі зі штучним дубовим насадженням (ПД № 224, с. Андріївка, Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл.). Проби ґрунту відбиралися у шестиразовому повторенні з кожного ґрунтового горизонту (*H*₀ – 0–10 см; *H*₁ – 10–20 см; *H*₂ – 20–30 см) як під трупами курчат, так і під трупами щурів після активних стадій розкладання зоогенного опадів (8–10-й день). Контрольні зразки – проби ґрунту з кожного ґрунтового горизонту без трупів. Для хімічного аналізу проб ґрунту застосовували методи колориметрії (визначення рухомої форми фосфатів у витяжці за Чириковим та нітратного азоту з використанням хромотропової кислоти), полум’яної фотометрії (визначення рухомої форми калію у витяжці за Чириковим). Значення *pH* водної витяжки зразків ґрунту визначали за допомогою *pH*-метра (Pakhomov et al., 2010).

Результати та їх обговорення

Вплив зоогенного опадів на *pH* ґрунту. У цілому вплив процесів розкладання зоогенного опадів позитивний. Наприклад, за даними А. В. Домніча (2015), екскреції ратичних в умовах острівних екосистем чинять інтегрований опосередкований і безпосередній вплив на ґрунт, що сприяє процесу гумусоутворення у верхніх шарах ґрунту. Кількість гумусу, залежно від типу екосистем і виду ратичних, збільшується в 1,5–3,7 рази. Гідролітична кислотність знижується на 29–38 %. Ефективність впливу екскрецій на збільшення у ґрунті поживних речовин (комплекс *НПК*) залежить від ступеня родючості ґрунтів. У збіднених ґрунтах він більш істотний, ніж у родючих – лісових екосистемах (Domnich, 2015). А за даними К. Cobaugh et al. (2015), у результаті досліджень впливу розкладання трупів людей на функціональну й структурну сукцесію ґрунтових мікробіальних угруповань виявлено, що розкладання некроорганіки викликало імпульси зростання вуглецю, поживних речовин (зокрема, аміаку), підвищення мікробіальної активності в ґрунті (Cobaugh, Schaeffer et al., 2015).

Розкладання та утилізація трупів тварин (курчат, щурів) на експериментальній ділянці у біогеоценозі зі штучним дубовим насадженням (ПД № 224, с. Андріївка, Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл.), відбір проб

грунту під трупами після активних стадій розкладання з різних ґрунтових горизонтів одночасно з контролем на хімічний аналіз дозволив визначити вплив деструкції некроорганіки на значення pH та вміст деяких хімічних елементів (N , P , K) ґрунту в досліджених біогеоценозах.

За результатами наших досліджень процес розкладання та утилізації трупів тварин чинить позитивну дію на зниження кислотності ґрунту (рис. 1). У контрольних вимірах pH ґрунту відмічається поступове підвищення індексу з поверхневих шарів до глибини 30 см: у поверхневому ґрунтовому горизонті (H_0) значення pH складало у середньому 6,88, на H_1 ґрунтовому горизонті (гг) на 3,2 % вище, а на H_2 гг на 8,3 % вище відносно контролю у H_0 гг. Під трупами курчат показники pH проб ґрунту з усіх ґрунтових горизонтів мали вище значення відносно контрольних зразків, але порівняно з контрольними індексами у H_0 горизонті під трупами реакція зростає в середньому на 16,7 %, у H_1 гг – на 8,4 % щодо контрольного індексу pH у цьому горизонті та на 6,4 % вище за контроль у H_2 гг. Отже, найвищий показник pH розкладання трупів курчат реєструється на H_0 ґрунтовому горизонті.

За впливу розкладання трупів щурів також спостерігається підвищення реакції ґрунту порівняно з контрольними зразками: у H_0 гг – на 2,2 % та у H_2 гг – на 14,2 % відносно контрольних значень у наведених ґрунтових горизонтах. На H_1 гг показник реакції ґрунту, навпаки, зменшується в середньому на 10,6 % щодо індексів контролю в цьому шарі ґрунту. Таким чином, максимальне значення pH ґрунту (8,51) відмічається під трупами щурів у горизонті 20–30 см (рис. 1). Вірогідно, це пов'язано з більш тривалим процесом розкладання трупів щурів порівняно з трупами птахів, з наявністю більшої кількості некроорганіки і, як наслідок, більшим виділенням ексудату в ґрунт. Імовірно, рідкі продукти розкладання некроорганіки щурів швидко всмоктуються в шари ґрунту й акумулюються в більш глибинних ґрунтових горизонтах з більш щільною механічною структурою. Зазначимо, що підвищення рівня pH ґрунту може зумовлюватися й змінами ґрунтового мікробіоценозу, оскільки під трупами, що розкладаються, підвищується вміст протеобактерій, а ацидобактерій зменшують свою чисельність. У цілому після стадій активного розкладання некроорганіки темпи зростання біомаси мікроорганізмів в глибинних шарах ґрунту скорочуються (Cobaugh, Schaeffer et al., 2015).

Рис. 1. Вплив зоогенного опад на pH водної витяжки ґрунту

Умовні позначення: стовпці – середнє значення ознаки, вертикальні лінії – стандартна похибка

Слід зауважити, що зоогенний опад відіграє суттєву роль у прискоренні деструкційного процесу під час розкладання підстилки. Під трупами тварин, що розкладаються, на 3–5-й день експозиції трупів (активна фаза розкладання) підстилка сильно дефрагментується завдяки інтенсивній діяльності комах некробіотного комплексу, особливо через виділення протеолітичних ферментів у процесі життєдіяльності личинок некробіотних двокрилих (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae). Завдяки некробіотним Coleoptera (представникам Necrophorinae та Geotrupidae) відбувається перемішування фрагментів підстилки і верхнього шару ґрунту. Це сприяє й поліпшенню фізичних властивостей ґрунту – зменшенню його щільності, підвищенню порозності та водопроникності (Pakhomov, 1998 b; Pakhomov et al., 2010). За даними J. Capu (1994), діяльність личинок жуків-копрофагів та некрофагів сприяє прискоренню гуміфікації та мінералізації речовин підстилки, перетворенню їх на ґрунтовий детрит і перемішуванню з мінеральною масою ґрунту (Capu, 1994).

Надходження і накопичення комплексу NPK у ґрунті за дії зоогенного опад зумовлене багатьма факторами:

кількістю трупної маси тварини, типом зовнішніх покривів трупа (луска, хутро, пір'я тощо), типом біогеоценозу, де міститься труп тварини, тривалістю експозиції трупа та кліматичними факторами – особливо дією посушливого періоду, який знижує і навіть призупиняє деструктивні процеси зоогенного опад (Ozerov, 1988; Pakhomov, 1998 b).

Вплив зоогенного опад на вміст азоту в ґрунті.

Поживні елементи в ґрунті перебувають у розчиненому або обмінному стані у вигляді йонів. Рослини з ґрунту крім води одержують різні мінеральні речовини: нітроген (амонійний та нітратний іони), фосфор (моно- й дифосфати), калій, кальцій, магній, сульфур, ферум, манган, купрум, молібден, бор, цинк тощо. Такі хімічні елементи, як N , P , K , відіграють виняткову роль у розвитку органічного світу. Особливо важливе місце тут посідає азот як один з елементів-органогенів. Через те що він фактично міститься в атмосфері, рослини відчувають потребу в ньому, оскільки використовувати для своїх потреб вони можуть лише нітроген ґрунтових ресурсів (Pakhomov et al., 2010; Cobaugh et al., 2015).

Дослідження впливу зоогенного опадів на вміст азоту в ґрунті виявило зростання кількості азоту в усіх експериментальних зразках ґрунту порівняно з контролем (рис. 2). Причому контрольні значення вмісту нітрогену поступово знижуються від поверхневих ґрунтових горизонтів до глибинних, а саме: H_0 (на 30,0 %) > H_1 (на 55,5 %) > H_2 . Отже, середній вміст азоту в контрольних зразках ґрунту на глибині 20–30 см виявився мінімальним (0,28 мг/100 г ґрунту). Аналогічна тенденція спостерігається в пробах ґрунту під трупами курчат: H_0 (на 46,1 %) > H_1 (на 43,5 %) > H_2 . У зразках ґрунту під трупами щурів показники вмісту азоту виявились практично однаковими. Найвищий середній показник вмісту азоту зареєстрований на H_1 г (1,18 мг/100 г ґрунту), що на 87,3 % вище за аналогічний показник у контролі.

Узагалі простежується тенденція зниження кількості азоту в ґрунті з поверхневих шарів до глибших, як це показано на діаграмі з контрольними зразками ґрунту та під трупами курчат.

Високі показники вмісту азоту на H_0 ґрунтовому горизонті зареєстровані під трупами курчат (на 42,2 %

вище контрольного індексу). На H_2 ґрунтовому горизонті (20–30 см) відмічається збільшення показників вмісту азоту на 39,3 % і на 257 % під трупами курчат і щурів відповідно. Проби ґрунту на хімічний аналіз відбиралися одночасно під усіма типами трупів. Отже, вміст азоту накопичується більше в поверхневих та глибинних шарах ґрунту (останнє реєструється у випадку з трупами щурів).

Слід зауважити, що порівняно з розкладанням екскрементів хребетних тварин (за літературними даними) відмічається схожа тенденція (Bulakhov, Dubina, Reva, 1989; Pakhomov, 1998 a, 1998 b; Bulakhov, Pakhomov, 2000 a, 2000 b). Наприклад, за даними О. Є. Пахомова (1998), під екскреціями лисиці у загальній 50-сантиметровій товщі ґрунту вміст азоту практично однаковий з контролем, де його зниження становить до 6 %. У верхніх шарах ґрунту (0–10 см) його значно менше порівняно з глибиною 10–20 см, де кількість азоту збільшується і перевищує контрольні індекси на 400 % (Pakhomov, 1998 b). А за матеріалами досліджень А. В. Домніча, під екскреціями козулі європейської за півроку експозиції вміст азоту в ґрунті збільшується в середньому на 38,3 % (Domnich, 2014).

Рис. 2. Вплив зоогенного опадів на вміст азоту в ґрунті, мг/100 г ґрунту
Умовні позначення показано на рис. 1.

Таким чином, максимальне значення азоту відмічається у зразках ґрунту під трупами курчат у верхньому ґрунтовому горизонті (1,28 мг/100 г ґрунту). У середньому на 9,2 % нижчим виявився показник дослідженого індексу у зразку ґрунту під трупами щурів у H_1 ґрунтовому горизонті. Зазначимо, що ефективність розкладання трупів щурів порівняно з розкладанням курчат виявилась вищою – реєструються високі показники вмісту нітрогену в пробах ґрунту на всіх горизонтах. Це, імовірно, пояснюється тим, що азот у результаті розкладання м'яких трупних тканин активно звільняється завдяки деструкційним процесам за участю мікроорганізмів, проникає у більш глибокі шари ґрунту, де здатен накопичуватися. Трупи птахів розкладаються практично вдвічі швидше, ніж трупи ссавців, і виділяється значно менше ексудату, який не проникає у більш глибинні шари ґрунту.

Зазначимо, що під час розкладання некроорганіки спостерігається збільшення різноманітностей азоту – пептидів, амінокислот, амонійних сполук. Виявлено підвищену активність протеази і вільних коефіцієнтів обертання амінокислот, що сприяє збільшенню швидкості дихання мікробіоценозу під трупами, підвищення

інтенсивності мінералізації азоту та вуглецю (Cobaugh et al., 2015). Додаткове надходження азоту до ґрунтів сприяє продуктивності рослинних угруповань і біогеоценозів у цілому (Stantso, Chernenko, 1983; Pakhomov et al., 2010).

Вплив зоогенного опадів на накопичення фосфору в ґрунті. Фосфор у ґрунт повертається із зоогенним опадом (екскрементами і під час гниття трупів). Фосфобактерії переводять органічний фосфор в неорганічні сполуки. В організмі фосфор акумулюється переважно у скелеті, м'язах і нервовій тканині (Stantso, Chernenko, 1983).

Дослідження впливу зоогенного опадів на накопичення фосфору в ґрунті виявили максимальний рівень вмісту фосфору також під трупами курчат на H_0 ґрунтовому горизонті. Під трупами щурів на H_0 і H_2 горизонтах рівень фосфору майже однаковий (рис. 3).

У цілому простежується тенденція акумуляції фосфору у верхньому ґрунтовому горизонті (0–10 см) та на глибині 20–30 см, особливо це помітно у зразках ґрунту під трупами щурів (H_2 г), де середній показник вмісту фосфору виявився на 75,6 % вищим за контрольний індекс і на 28,4 % вищим за аналогічний показник розкладання трупів курчат. Слід зауважити, що порівняно з розкладанням екскрементів хребетних тварин (за

Рис. 3. Вплив зоогенного опадів на вміст фосфору в ґрунті, мг/100 г ґрунту
Умовні позначення показано на рис. 1.

літературними даними) відмічається схожа тенденція. Наприклад, за даними О. Є. Пахомова, вплив екскрецій кабана, козулі та лисиці на накопичення фосфору в ґрунтах штучних дубняків виявився позитивним. Так, у 50-сантиметровій товщі ґрунту під екскреціями козулі його вміст збільшується на 84,9 %, під екскреціями кабана та лисиці – в середньому на 39,2 %. У верхніх горизонтах вміст фосфору завжди більший порівняно з контролем (Pakhomov, 1998 b). А за результатами досліджень А. В. Домніча, за впливу екскрементів копитних відбувається поступове зростання запасів фосфору у середньому на 60–70 %; вміст фосфору у ґрунтах за впливу екскрецій ратичних збільшується на 14–193 % (Domnich, 2014, 2015). Цікаво, що, за даними К. Cobaugh et al. (2015), у пробах ґрунту, зібраних під трупами людей після активних фаз їх розкладання, спостерігається підвищення активності фосфодієстерази та ліполітична активність (Cobaugh et al., 2015).

У наших дослідженнях максимальне значення фосфору виявлене на *H0* ґрунтовому горизонті під трупами курчат (6,46 мг/100 г ґрунту), це вище на 107,7 % відносно контрольного показника. Зазначимо, що під трупами курчат вміст фосфору поступово знижується у напрямку з верхніх шарів ґрунту до глибинних: *H0* (на 47,5 %) > *H1* (на 24,1 %) > *H2*. А в контрольних зразках та в пробах ґрунту під трупами щурів відмічається схожа тенденція – у *H0* та *H2* гґ показники вмісту фосфору вищі за аналогічні у *H1* гґ (рис. 3).

Вплив зоогенного опадів на накопичення калію в ґрунті. Відомо, що частина йонів калію за дисоціювання молекул K_2CO_3 залишається в ґрунтовому розчині, який для рослин слугує джерелом живлення. Але більша частина йонів калію поглинається колоїдними частинками ґрунту в малодоступній для коренів рослин формі. «ґрунт поглинає калій, і в цьому його чудодійна сила», – вислів академіка О. Є. Ферсмана. Калій – життєво необхідний елемент для росту й розвитку рослин. Дефіцит його в ґрунті неодмінно спричинює в'янення і загибель рослинного організму. Для організму тварин калій також укрив важливий біогенний метал. Солі калію не можуть бути замінені ніякими іншими солями. Вони містяться в крові, протоплазмі клітин, печінці й селезінці. У м'язах людини калій переважає над натрієм. Особливо багато калію міститься в мозку, печінці, серці та нирках людини (Stantso, Chernenko, 1983).

Наші дослідження впливу зоогенного опадів на формування калію в ґрунті експериментального біотопу виявили більш слабе вираження порівняно із загальною картиною накопичення азоту та фосфору. Подібна тенденція спостерігається в дослідженнях А. В. Домніча – процеси зміни вмісту калію в ґрунті під екскреціями різних видів ратичних у різних умовах виявилися відносно сповільненими порівняно зі змінами в накопиченні азоту та фосфору (Domnich, 2015), але в середньому вміст калію в ґрунті під екскреціями копитних збільшується на 58 % (Domnich, 2014). Під трупами щурів зростання середнього показника вмісту калію превалює над аналогічними показниками проб ґрунту під трупами курчат на *H0* та *H2* ґрунтових горизонтах на 18,7 % і 13,9 % відповідно (рис. 4).

Вміст калію в поверхневому шарі ґрунту (0–10 см) під трупами щурів виявляється в середньому на 23 % вищим порівняно з контролем. У *H1* гґ домінує показник вмісту калію під трупами курчат, що на 24 % вище за аналогічний показник у ґрунті під трупами щурів і на 69,8 % вище за вміст калію в контрольних зразках ґрунту. У *H2* ґрунтовому горизонті середні показники вмісту калію у всіх пробах майже однакові. Слід зазначити, що на цьому ґрунтовому горизонті за контрольний індекс вмісту калію вищим виявився тільки показник вмісту калію під трупами щурів (на 6,8 %). Імовірно, незначне підвищення вмісту калію під трупами тварин зумовлене «моментальним» включенням цього елемента в кругообіг речовин у біотопі.

Висновки

1. За результатами наших досліджень показано, що процес розкладання та утилізації трупів тварин чинить позитивну дію на зниження кислотності ґрунту. Під трупами курчат показники *pH* проб ґрунту з усіх ґрунтових горизонтів мали вищі значення відносно контрольних зразків: у *H0* ґрунтовому горизонті під трупами реакція зростає в середньому на 16,7 %, у *H1* гґ – на 8,4 % та на 6,4 % вище за контроль у *H2* гґ. Отже, найвищий показник *pH* для розкладання трупів курчат реєструється на *H0* ґрунтовому горизонті. За впливу розкладання трупів щурів також спостерігається підвищення реакції ґрунту порівняно з контрольними зразками: у *H0* гґ – на 2,2 % та в

Рис. 4. Вплив зоогенного опадів на вміст калію в ґрунті, мг/100 г ґрунту
Умовні позначення показано на рис. 1.

H2 гґ – на 14,2 % відносно контрольних значень у вказаних ґрунтових горизонтах. На H1 гґ показник реакції ґрунту, навпаки, зменшується в середньому на 10,6 % щодо індексів контролю в цьому шарі ґрунту. Таким чином, максимальне значення *pH* ґрунту (8,51) зареєстроване під трупами щурів у горизонті 20–30 см. Вірогідно, це пов'язано з більш тривалим процесом розкладання трупів щурів порівняно з трупами птахів, з наявністю більшої кількості некроорганіки і, як наслідок, більшим виділенням ексудату в ґрунт.

2. Дослідження впливу зоогенного опадів на вміст азоту в ґрунті виявило зростання кількості азоту в усіх експериментальних зразках ґрунту порівняно з контролем. Контрольні значення вмісту нітрогену поступово знижуються від поверхневих ґрунтових горизонтів до глибинних, а саме: H0 (на 30,0 %) > H1 (на 55,5 %) > H2. Отже, середній вміст азоту в контрольних зразках ґрунту на глибині 20–30 см виявився мінімальним (0,28 мг/100 г ґрунту). Аналогічна тенденція спостерігається в пробах ґрунту під трупами курчат: H0 (на 46,1 %) > H1 (на 43,5 %) > H2. У зразках ґрунту під трупами щурів показники вмісту азоту практично однакові. Найвищий середній показник вмісту азоту зареєстрований на H1 гґ (1,18 мг/100 г ґрунту), що на 87,3 % вище за аналогічний показник у контролі. Високі показники вмісту азоту на H0 ґрунтовому горизонті зареєстровані під трупами курчат (на 42,2 % вище контрольного індексу). На H2 ґрунтовому горизонті (20–30 см) відмічається збільшення цих показників на 39,3 % і на 257 % під трупами курчат і щурів відповідно. А максимальні цифри вказують на зразки ґрунту під трупами курчат у верхньому ґрунтовому горизонті (1,28 мг/100 г ґрунту).

3. Дослідження впливу зоогенного опадів на накопичення фосфору в ґрунті показали максимальне значення фосфору на H0 ґрунтовому горизонті під трупами курчат (6,46 мг/100 г ґрунту); це вище на 107,7 % відносно контрольного показника, але він поступово знижується з верхніх шарів ґрунту до глибинних: H0 (на 47,5 %) > H1 (на 24,1 %) > H2. А в контрольних зразках та в пробах ґрунту під трупами щурів відмічається схожа тенденція – у H0 та H2 гґ показники вмісту фосфору вищі за аналогічні показники у H1 гґ. У цілому простежується тенденція акумуляції фосфору у верхньому ґрунтовому горизонті (0–

10 см) та на глибині 20–30 см, особливо це помітно у зразках ґрунту під трупами щурів (H2 Гґ), де середній показник вмісту фосфору на 75,6 % вищий за контрольний індекс і на 28,4 % вищий за аналогічний показник щодо курчат.

4. За результатами досліджень впливу зоогенного опадів на формування калію в ґрунті експериментального біотопу виявлено: під трупами щурів зростання середнього показника вмісту калію превалює над аналогічними показниками проб ґрунту під трупами курчат на H0 та H2 ґрунтових горизонтах на 18,7 % і 13,9 % відповідно. У H2 ґрунтовому горизонті середні показники вмісту калію у всіх пробах майже однакові – вищим за контрольний індекс він виявився тільки в пробах ґрунту під трупами щурів (на 6,8 %). Таким чином, зоогенний опад – це загальний позитивний фактор у накопиченні азоту, фосфору та калію у ґрунті. Особливо значне накопичення цих елементів для більш глибоких горизонтів (20–30 см), оскільки збільшує їх доступність для коріння чагарників та деревостану, що сприяє формуванню фітоценозу.

5. З'ясовано, що за дії розкладання трупів тварин рівень *pH* ґрунту підвищується. Під трупами курчат *pH* зростає на 6,4–16,7 %, а щурів – на 2,2–14,2 % відносно контрольних значень. Вміст азоту в ґрунті під трупами курчат зростає на 9,5–42,2 %, а під трупами щурів – на 25,5–25,7 %. Вміст фосфору під трупами курчат зростає на 28,4–107,7 %, щурів – на 57,5–75,7 %. Вміст калію в ґрунті під трупами курчат підвищується на 3,63 % до 69,8 %, а під трупами щурів – на 6,8–23,0 %. Отже, зоогенний опад – важливий фактор у накопиченні NPK-комплексу в ґрунті.

References

- Blackith, R. E., Blackith, R. M. (1990). Insect infestations of small corpses. *Journal of Natural History*, 24, 699–709.
- Bulakhov, V. L., Dubina, A. A., Reva, A. A. (1989). Vliyanie myishevidnyih gryzunov na intensivnost razlozheniya podstilki v poymennyih lesnyih biogeotsenozah Prissamariya [Effect of rodents on the intensity of decomposition of litter in the floodplain forest biogeocoenoses of Prissamar'ia]. *Biogeotsenoticheskie issledovaniya lesov tehnogennyih landshaftov stepy Ukrainyi. Dnepropetrovsk*. 162–167 (in Russian).

- Bulakhov, V. L., Gubkin, A. A., Ponomarenko, O. L., Pakhomov, O. Ye. (2008). Biologichne riznomanittia Ukrainy. Dnipropetrovska oblast. Ptakhy (Aves: Non-Passeriformes) [Biological Diversity of Ukraine. The Dnipropetrovsk region. Birds (Aves: Non-Passeriformes)]. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Bulakhov, V. L., Pakhomov, O. Ye. (2000 b). Seredovyshchettivna funktsiia khrebetnykh yak ekolohichniy mekhanizm tryvaloho zhyttia bioheotsenoziv [Environment forming function of vertebrate as ecological mechanism of biogeocoenoses longevity]. Problemy suchasnoi ekolohii. – Zaporizhzhia. 90 (in Ukrainian).
- Bulakhov, V. L., Pakhomov, O. Ye. (2006). Biologichne riznomanittia Ukrainy. Dnipropetrovska oblast. Ssavgiv (Mammalia) [Biological Diversity of Ukraine. The Dnipropetrovsk region. Mammals (Mammalia)]. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Bulakhov, V. L., Pakhomov, A. E. (2000 a). Sredobrazuyushchaya deyatel'nost' mlekopitayushchikh kak bioticheskiy mekhanizm v biotekhnologicheskoy protsesse obrazovaniya ekologicheskoy ustoychivosti pochvy v usloviyakh tehnogeneza [Environment forming activity of mammals as biotic mechanism in biotechnological process of ecological stability formation of soils in conditions of technogenesis]. Novoe v ekologii i zhiznedeyatel'nosti. Dokl. Mezhdunar. ekol. kongressa. SPb.: BGU. 2. 523–525 (in Russian).
- Carry, J. (1994). Grassland invertebrates: ecology, influence on soil fertility and effects on plant growth. Chapman and Hall. London, UK. 340–345.
- Cobaugh Kelly, L., Schaeffer Sean, M., De Bruyn Jennifer, M. (2015). Functional and Structural Succession of Soil Microbial Communities below Decomposing Human Cadavers.
- Dillon, L. C. (1997). Insect succession on carrion in three biogeoclimatic zones of British Columbia. Burnaby, BC: Simon Fraser University. 37–42.
- Domnich, A. V. (2014). Izmenenie chislennosti i sredobrazuyushchaya deyatel'nost' dikikh kopyitnykh na territorii zapovednika v period vosstanovleniya o. Hortitsa [Changes in the number and environment-forming activity of wild ungulates in the reserve during the period of recovery of the island Khortytsya]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V. N. Karazina. Seriya: biologiya. 20(1100). 129–137 (in Russian).
- Domnich, A. V. (2015). Ratychni yak strukturno-funktsionalnyi element ostrivnykh zapovidno-okhoronnykh terytorii pivdennoho skhodu Ukrainy [Ungulates as a structural and functional element of the island reserves and protected areas of southeast Ukraine]. Avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk: spets. 03.00.16 – ekolohiya. Zaporizhzhia (in Ukrainian).
- Early, M., Goff, M. L. (1986). Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. Journal of Medical Entomology, 23, 520–531.
- Goff, M. L. (2000). A fly for the prosecution: how insect evidence helps solve crimes. Cambridge: Harvard University Press. 225 p.
- Kucheruk, V. V. (2006). Izbrannyye trudy [Selected works]. Moscow (in Russian).
- Lyabzina, S. N. (2003). Bespozvonochnyie-nekrobionty i ih uchastie v utilizatsii organicheskogo veshchestva v nazemnykh i vodnykh ekosistemakh Evropeyskogo severa [Necrobiotic invertebrates and their participation in recycling organic matter in terrestrial and aquatic ecosystems of the European North]. Avtoref. dis. kand. biol. nauk. Petrozavodsk (in Russian).
- Ozerov, A. L. (1988). Nekrobiontnyye dvukrylyye (Diptera) lesov yuga Dalnego Vostoka SSSR [Necrobiotic flies (Diptera) forests south of the Far East of the USSR]. Avtoref. dis. kand. biol. nauk. Moscow (in Russian).
- Ozerov, A. L. (1989). K izucheniyu nekrobiontnykh dvukrylykh Dalnego Vostoka SSSR [To the study of necrobiotic flies of far East USSR]. Nasekomye v ekosistemakh Sibiri i Dalnego Vostoka. Moscow. 110–142 (in Russian).
- Pakhomov, A. E. (1998 a). Biogeotsenoticheskaya rol' mlekopitayushchikh v pochvoobrazovatelnykh protsessakh stepnykh lesov Ukrainy [Biogeocenotic role of mammals in the forest steppe soil-forming processes in Ukraine]. Dnepropetrovsk. V. 1 (in Russian).
- Pakhomov, A. E. (1998 b). Biogeotsenoticheskaya rol' mlekopitayushchikh v pochvoobrazovatelnykh protsessakh stepnykh lesov Ukrainy [Biogeocenotic role of mammals in the forest steppe soil-forming processes in Ukraine]. Dnepropetrovsk. V. 2 (in Russian).
- Pakhomov, O. Ye., Didur, O. O., Kulbachko, Yu. L., Loza, I. M. (2010). Ekokhimichni aspekty isnuvannia bezkhrabetnykh tvaryn u grunti: metody vyvchennia [Ecological and chemical aspects of invertebrate animals existence in soil: methods of study]. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Payne, J. A. (1965). A summer carrion study on the baby pig *Sus scrofa* L. Ecology, 46, 592–602.
- Stantso, V. V., Chernenko, M. B. (1983). Populyarnaya biblioteka khimicheskikh elementov. Kniga pervaya. Vodorod–Palladiy [Popular library of chemical elements. Book One. Hydrogen–Palladium.]. Moscow (in Russian).
- Tantawi, T. I., El-Kady, E. M., Greenberg, B., El-Ghaffar, H. A. (1996). Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. Journal of Medical Entomology, 33, 566–580.