

Н. Ю. Шевчук, к.б.н., молодший науковий співробітник

І. І. Коршиков, д.б.н., професор

Криворізький ботанічний сад НАН України, відділ оптимізації техногенних ландшафтів

вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг, Україна,

e-mail: natkasa@meta.ua. ivivkor@gmail.com

ВПЛИВ СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОЇ ПОРУШЕНОСТІ ПРИРОДНИХ СТЕПОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ НА ЇХ ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА НАКОПИЧЕННЯ МОРТМАСИ

Досліджено вплив антропопресингу на формування надземної та підземної біомаси та сукупності цих чинників на накопичення підстилки в степових фітоценозах. Проведено порівняльний аналіз природних рослинних угруповань з угрупованнями, що знаходяться на ділянці з абсолютним режимом заповідання. Встановлені кількісні співвідношення між надземною біомасою та підстилкою в залежності від видового складу фітоценозів, едафічних умов та антропогенного навантаження. З'ясовано, що продуктивність степових фітоценозів і накопичення в них підстилки залежить від домінантних видів у їх складі, режиму заповідання, положенням у рельєфі та пасквальної дигресії. Найвищі показники продуктивності (надземної, підземної і мортмаси) притаманні рослинним угрупованням заповідної ділянки.

Ключові слова: степ; рослинні угруповання; продуктивність; мортмаса; заповідний режим; антропопресинг; Південне Криворіжжя.

При вивченні продукційного процесу рослинних угруповань важливим аспектом є аналіз параметрів біомаси як надземної, так і підземної [11, 35, 40, 41, 47], які одночасно є джерелами накопичення мортмаси. Сукупність і співвідношення цих параметрів є інтегральним показником стабільності екосистем [1, 7]. Однак, досить часто в дослідженнях функціонування екосистеми не потрапляє в поле зору мортмаса, як джерело поживних речовин для збагачення ґрунтового покриву. За твердженнями О. П. Гофман [9], суттєву роль у стабільному розвитку степових угруповань відіграє величина мортмаси, оскільки вона накопичується не за один вегетаційний сезон і зберігається в приземному горизонті протягом значного періоду часу. Мортмаса – відмерлі рештки рослинного походження, які не втратили зв'язок із кореневою системою та перебувають у вертикальному положенні (сухостій), або такі, що втратили зв'язок із кореневою системою та перейшли до приґрунтового шару (підстилка) [3]. Мортмаса належить до важливої ланки в низці зв'язків між рослинністю та ґрунтом. Вона – один із найважливіших складників будь-якого рослинного угруповання,

структурно-функціональний компонент, який об'єднує абіотичні та біотичні частки біогеоценозу в цілісну систему [22]. Підстилка впливає на організацію та динаміку біотичного угруповання, виконує роль депо-посередника поживних речовин, може змінювати фізичне та хімічне середовище, а також кількість різноманітних забруднювачів. Накопичена підстилка затримує світло, затінюючи насіння та проростки, зменшує теплову амплітуду ґрунту. Підстилка знижує температуру та створює бар'єр для водяної пари, зменшує доступність води, затримує більшу частину опадів, регулює водний баланс екосистеми, захищає ґрунт від замулення та надмірного випаровування [48]. Трансформація мертвої органічної речовини – складний процес, що формується з фізико-хімічних, фотохімічних та біохімічних реакцій. Процеси деструкції рослинного опаду відбуваються з різноманітною швидкістю в різних екосистемах залежно від конкретних умов мікроклімату, зволоження, аерації, біохімічної активності, діяльності мікроорганізмів. Зниження запасу підстилки свідчить, як правило, про інтенсивніший кругообіг речовин, що відбувається за умов зростання трофності або зменшення вологості [32].

Інтенсивний розвиток рослин сприяє як більшому накопиченню підстилки, так і її розкладу. Антропогенний вплив на фітоценози може зменшувати їх продуктивність, а відповідно приводить до втрат запасів підстилки. Якщо за природного процесу інтенсифікації розпаду підстилки відбуваються певні компенсаційні процеси, зокрема зростання маси коріння у підстилці та гумусово-аккумулятивному горизонті ґрунту, то антропогенна активація розкладу найчастіше буває некомпенсованою і дефіцит органічної речовини призводить до посилення ерозії ґрунтової поверхні і порушення виробленого для даних умов процесу гумусоутворення [32]. Зростання антропогенного впливу на залишки природних екосистем Степу потребує визначення ролі підстилки у їх збереженні та відновленні, а наявність заповідних територій в Степу дозволяє досліджувати природно-історичний процес формування підстилки. Одним із факторів впливу на продуктивність степових угруповань є випасання худоби, дія якого може здійснювати як сприятливий, так і негативний вплив (залежно від інтенсивності) на рослинні угруповання в цілому і на окремі види рослин [5, 36, 42]. Так, помірне випасання є обов'язковим чинником, який бере участь у формуванні і підтриманні фітоценозів, але на думку В. В. Осичнюк [23], Т. А. Watt [46] та L. M. Valee [45], його посилення призводить до деградації рослинного покриву.

Мета роботи – аналіз продуктивності та накопичення мортмаси в степових фітоценозах в залежності від антропогенного навантаження для встановлення специфіки їх функціонування в умовах Південного Криворіжжя.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили в степових угрупованнях на чотирьох моніторингових ділянках із різним ступенем пасквальної дигресії у порівнянні з заповід-

ною ділянкою (45 років) «Урочище Степок». Цю ботанічну пам'ятку природи загальнодержавного значення площею 11 га створено у 1975 році з метою збереження типових для середнього степу ландшафтних комплексів [24]; з того часу тут було запроваджено режим абсолютного заповідання. Повне виключення пасовищного процесу та абсолютне заповідання на цій ділянці призводить до кардинальної трансформації екосистеми з уповільненням біологічного колообігу, зниженням біологічного різноманіття та мезофітізації і рудералізації угруповань [18].

Всі досліджувані ділянки розташовані в південній частині Криворіжжя (рис. 1), які входять до складу середньостепової підзони Причорноморської ландшафтної провінції [21].



Рис. 1. Картохема розташування моніторингових ділянок: 1 – «Балка Зелена»; 2 – «Балка Комарова»; 3 – «Урочище Пригір'я»; 4 – «Урочище Степок»

Обстежена територія знаходиться у басейні р. Інгулець, правобережна частина якого належить до Бузько-Інгільського геоботанічного округу, лівобережна – до Дніпровсько-Азовського [12]. Моніторингова ділянка «Урочище Степок» (діл. 4; с. Лісове, Казанківський р-н, Миколаївська обл.), знаходиться на вододілі річок Інгульця та Висуні, «Урочище Пригір'я» (діл. 3; Високопільський р-н, Херсонська обл.) – на схилі корінного правого берега Інгульця, решта – у пониззі крупних балок: Зеленої (діл. 1; Широківський р-н Дніпропетровська обл.) та Комарової (діл. 2; с. Шестірна Широківський р-н Дніпропетровська обл.) (рис. 1).

На досліджуваних моніторингових ділянках схилових екосистем антропогенне навантаження на рослинність не є рівномірним і диференціюється в залежності від крутизни схилів, висота яких становить 20–25 м. На приплакорних позиціях та підніжжях пасквальна дигресія досить виражена; на крутосхилах, малодоступних для свійської худоби, вона є мінімальною. У межах моніторингової ділянки «Балка Зелена» антропопресинг є помірним щодо випасу, оскільки прогону худоби від найближчого населеного пункту перешкоджає залізничний шлях. Суттєво впливають на стан рослинності періодичні пали, але цей чинник не можна вважати цілком негативним [17]. Дестабілізацію фітосистем ділянки «Урочище Пригір'я» (відрізок правобережної частини долини Інгульця, що має форму підковоподібного «амфітеатру») спричинюють, окрім випасу, спроби заліснення та рекреаційний вплив місцевого населення. Ділянка «Балка Комарова», розташована біля досить великого с. Шестірня, характеризується різноякісним антропогенним впливом (надмірний випас, спорудження гребель уперек русла водотоку, лісомеліорація, рекреація). На комплексному градієнті посилення антропогенного впливу моніторингові ділянки розташовані таким чином: «Урочище Степок» → «Балка Зелена» → «Урочище Пригір'я» → «Балка Комарова» [18]. Площа цих об'єктів, що досліджувалась становила 11–15 га.

В цих чотирьох степових об'єктах досліджували найбільш поширені формації фітоценозів, які масово розповсюджені у балках. Зокрема, в «Урочищі Степок» це формації *Elytrigieta trichophorae*, *Poeta angustifoliae* та *Bromopsideta inermis*, в «Балці Зелена» і «Урочищі Пригір'я» – угруповання формацій *Stipeta capillatae* і *Jurineeta brachycephalae*, а в «Балці Комарова» для цих цілей підходила тільки формація *Stipeta capillatae*. Угруповання формацій *Stipeta capillatae* в «Урочищі Степок» представлені лише окремих дернинами, а напівчагарничкові угруповання *Jurineeta brachycephalae* взагалі відсутні, оскільки це карбонатofilний вид, який приурочен до крутих схилів з дерново-степовими та примітивними ґрунтами. Угруповання *Elytrigieta trichophorae*, *Poeta angustifoliae* та *Bromopsideta inermis* у вивчаємих природних балках відмічені лише у вигляді вузьких смуг та мікроценозів по їх тальвегу, а тому це не уможливило проведення порівняння.

Вивчення надземної, підземної біомаси формацій та мортмаси проводили впродовж одного року спостережень. При вивченні надземної фітомаси використовували метод укiсних квадратів розміром 1 м² [6] у 20-кратній повторності з визначенням абсолютно сухої маси. Отримані зразки надземної фітомаси (сумарна маса живої і мертвої органічної речовини рослинного походження) розбиралася на основні фракції – біомаса (жива) та мортмаса (мертва органічна речовина рослинного походження). Фракція мортмаси на заповідній ділянці «Урочище Степок» розділялася на верхній горизонт (відмерлі, злежалі, але ще не повністю розкладені рештки трав'янистої рослинності) та нижній горизонт

(мертва органічна маса рослин, що має повністю розкладені рештки трав'янистої рослинності). На інших ділянках диференціація мортмаси на горизонти не проводилася. Відбір проб мортмаси проводився шаблоном розміром в 1 м^2 у 20-кратній повторності.

Вміст і розподіл підземних органів травостою у ґрунтових педонах визначали методом промивання ґрунтових монолітів у модифікації І.Х. Узбека [30]. Для дослідження відбирали ґрунтові моноліти до глибини 50 см, які у подальшому промивалися і отримані корінці висушувалися до повітряно-сухого стану. Повторність 12-кратна до глибини 30–40 см, для шару ґрунту 40–50 см – 4-кратна. Дослідження кореневої маси проводили після розділення коренів за товщиною на 4 фракції: >3 ; 3–1, 1–0,5 та $<0,5$ мм [31]. Визначали їхню вагу та об'єм. За отриманими даними розраховували площу поверхні та загальну довжину коріння. Отримані дані обробляли методом варіаційної статистики [34].

Результати дослідження та їх обговорення

При аналізі надземної фітомаси в степових угрупованнях виявлено, що в усіх фітоценозах за фітомасою переважає доміант даних угруповань, а субдомінантами були різноманітні види з різними біомасовими показниками. Встановлено, що угруповання плакорної заповідної ділянки («Урочище Степок») мають значно більшу надземну фітомасу, ніж угруповання схилів степів, оскільки перші формуються в умовах більш сприятливого водного режиму. При цьому флористичне різноманіття на заповідній території найменше [18]. Максимальні значення показників надземної фітопродукції без додавання мортмаси серед кореневищних злаків «Урочища Степок» відмічено для фітоценозу формації *Bromopsideta inermis* – $734,95\text{ г/м}^2$, а найменші – для фітоценозу формації *Poeta angustifoliae* ($329,95\text{ г/м}^2$). Частка маси доміантів складає більше половини від загальної величини (табл. 1). Кількість надземної фітомаси угруповань формації *Stipeta capillatae* схилів позицій є майже однаковими на всіх моніторингових ділянках («Балка Зелена», «Урочище Пригір'я» і «Балка Комарова»): частка маси доміанта складає від 48,2 до 63,6 % від загальної величини; інші види рослин мають незначну масу окрім ділянки «Балка Комарова». Такі ж особливості розподілу фітопродукції притаманні й угрупованню формації *Jurineeta brachycephalae* на ділянках «Балка Зелена» та «Урочище Пригір'я», де частка маси доміантів складає на кожній ділянці по 66,3% від загальної маси, від загальної маси, а участь інших видів рослин у відсотковому співвідношенні незначна (табл. 1). Акумуляція значного шару мортмаси в степових угрупованнях залежить переважно від доміантних видів. Це добре видно на прикладі заповідної ділянки «Урочище Степок», де великі запаси мортмаси відмічені в фітоценозах формацій *Bromopsideta inermis* та *Elytrigieta trichophorae* і значно менші в формації *Poeta angustifoliae* (табл. 1).

Таблиця 1

**Продуктивність степових рослинних угруповань Південного Криворіжжя
(абсолютно суха речовина)**

| Параметри | Надземна фітомаса | | Підземна фітомаса | | |
|---|------------------------|------|------------------------|------------------------|------|
| | Вага, г/м ² | % | Грунтовий горизонт, см | Вага, г/м ² | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Угруповання формації <i>Poeta angustifoliae</i> («Урочище Степок») | | | | | |
| <i>Poa angustifolia</i> | 231,18 | 51,2 | 0-10 | 1140,0 | 61,5 |
| Інші види рослин | 98,77 | 21,9 | 10-20 | 415,0 | 22,4 |
| Верхній горизонт мортмаси | 60,84 | 13,5 | 20-30 | 156,0 | 8,4 |
| Нижній горизонт мортмаси | 60,55 | 13,4 | 30-40 | 98,0 | 5,3 |
| Загальна маса | 451,34 | | По всіх горизонтах | 1854,0 | |
| Угруповання формації <i>Bromopsisideta inermis</i> («Урочище Степок») | | | | | |
| <i>Bromopsis inermis</i> | 657,00 | 65,1 | 0-10 | 1222,0 | 62,4 |
| Інші види рослин | 77,95 | 7,7 | 10-20 | 434,0 | 22,2 |
| Верхній горизонт мортмаси | 105,4 | 10,4 | 20-30 | 147,0 | 7,5 |
| Нижній горизонт мортмаси | 168,32 | 16,8 | 30-40 | 100,0 | 5,1 |
| Загальна маса | 1008,67 | | По всіх горизонтах | 1958,0 | |
| Угруповання формації <i>Elytrigieta trichophorae</i> («Урочище Степок») | | | | | |
| <i>Elytrigia trichophora</i> | 514,74 | 50,8 | 0-10 | 947,0 | 57,8 |
| Інші види рослин | 38,46 | 3,8 | 10-20 | 391,0 | 23,9 |
| Верхній горизонт мортмаси | 144,23 | 14,2 | 20-30 | 142,0 | 8,7 |
| Нижній горизонт мортмаси | 315,53 | 31,2 | 30-40 | 105,0 | 6,4 |
| Загальна маса | 1012,96 | | По всіх горизонтах | 1638,0 | |
| Угруповання формації <i>Stipeta capillatae</i> («Балка Зелена») | | | | | |
| <i>Stipa capillata</i> | 204,09 | 61,2 | 0-10 | 850,0 | 52,1 |
| Інші види рослин | 79,77 | 23,9 | 10-20 | 495,0 | 30,4 |
| Мортмаса | 49,55 | 14,9 | 20-30 | 168,0 | 10,3 |
| Загальна маса | 333,41 | | По всіх горизонтах | 1630,0 | |
| Угруповання формації <i>Stipeta capillatae</i> («Урочище Пригір'я») | | | | | |
| <i>Stipa capillata</i> | 213,82 | 63,6 | 0-10 | 800,0 | 52,4 |
| Інші види рослин | 55,76 | 16,6 | 10-20 | 487,0 | 31,9 |
| Мортмаса | 66,54 | 19,8 | 20-30 | 142,0 | 9,3 |
| Загальна маса | 336,12 | | По всіх горизонтах | 1528,0 | |
| Угруповання формації <i>Stipeta capillatae</i> («Балка Комарова») | | | | | |
| <i>Stipa capillata</i> | 223,57 | 48,2 | 0-10 | 900,0 | 52,9 |
| Інші види рослин | 169,17 | 36,5 | 10-20 | 610,0 | 35,9 |

Закінчення таблиці 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---------------|------|-----------------------|---------------|------|
| Мортмаса | 70,98 | 15,3 | 20-30 | 101,0 | 5,9 |
| Загальна маса | 463,72 | | По всіх горизонтах | 1700,0 | |
| Угрупування формації <i>Jurineeta brachycephalae</i> («Балка Зелена») | | | | | |
| <i>Jurinea brachycephala</i> | 186,92 | 62,3 | 0-10 | 1001,0 | 71,1 |
| Інші види рослин | 58,62 | 19,5 | 10-20 | 302,0 | 21,4 |
| Мортмаса | 54,36 | 18,2 | 20-30 | 105,0 | 7,5 |
| Загальна маса | 299,9 | | По всіх горизонтах | 1408,0 | |
| Угрупування формації <i>Jurineeta brachycephalae</i> («Урочище Пригір'я») | | | | | |
| <i>Jurinea brachycephala</i> | 163,39 | 66,3 | 0-10 | 880,0 | 70,3 |
| Інші види рослин | 31,97 | 13,0 | 10-20 | 274,0 | 21,9 |
| Мортмаса | 51,10 | 20,7 | 20-30 | 98,0 | 7,8 |
| Загальна маса | 246,46 | | По всіх горизонтах | 1252,0 | |

За нашими спостереженнями, значним запасам мортмаси на цій ділянці сприяє підвищена вологість поверхневого шару ґрунту (за рахунок багаторічного накопичення мертвої органіки та слабкої циркуляції приземного шару повітря через оточення ділянки лісовою «ширмою»), що сповільнює деструкцію органічної речовини. Напевно, потужний шар мортмаси, який накопичувався в таких угрупованнях протягом кількох десятиліть, відіграє роль «гідротермічного буфера» [9], який сприяє збереженню та оптимальному перерозподілу атмосферної вологи у поверхневому шарі ґрунту. Отже, в умовах заповідного режиму починає переважати накопичення мертвих рослинних решток, які з плином часу утворюють такий потужний сухостійно-підстилочний шар, що він вже нездатний самоутилізуватися. За даними Н. Ю. Дрогобич [14], деструкція мертвих рослинних решток в асканійському степу в понижених елементах рельєфу проходить дещо інтенсивніше, ніж на підвищеннях. Причому ослаблення процесів розпаду приурочено до сухих літніх місяців та холодних зимових. Степові заповідні екосистеми є неповночленими, оскільки в них практично відсутній або послаблений блок верхньої частини екологічної піраміди, тому за умов ослабленого консументного блоку заповідного степу процеси розкладу мортмаси залежать в основному від гідротермічних умов кожного конкретного року, діяльності редуцентного блоку екосистеми, швидкості процесів мінералізації [1, 9, 10].

Підстилка у степах може становити до 38 % від усїєї фітомаси фітоценозу [2, 19]. Багаторічно акумульована мортмаса підстилки зменшується за рахунок фізико-хімічної деградації, гетеротрофного споживання та розкладу. Ці процеси взаємопов'язані. Підстилка розкладається в більшості випадків за рахунок

грибів, оскільки вони більш резистентні до середовища, ніж бактерії, але сам процес розкладу відбувається повільніше, оскільки для грибів лімітувальним фактором є азот та підвищена лужність ґрунту [37]. Розклад підстилки в степах підсилює доступність поживних речовин для рослин, що сприяє більш інтенсивнішому їх розвитку [39]. Накопичена підстилка в степових екосистемах може також зменшити втрати амонійного нітрогену [44], а відтак міграцію нітрогену і змінити хімічний склад води при проникненні її в ґрунт [39].

На відміну від показників живої надземної маси, запаси мортмаси у щільнодернинних злакових угрупованнях формації *Stipeta capillatae* та карбонатofільних фітоценозів формації *Jurineeta brachycephalae* схиливих степів на всіх моніторингових ділянках, як наслідок пасвальної дигресії, мають незначні показники порівнянно з рослинними угрупованнями заповідної ділянки (табл. 1). На ділянці з абсолютним заповіданням («Урочище Степок») роль заповідного режиму в функціонуванні степового рослинного покриву виявляється, передусім, у накопиченні великої кількості відмерлої рослинної маси та утворенні підстилки. Так, на думку Б. Д. Абатурова [1], висока продуктивність, велика надземна фітомаса, низька ефективність переробки рослинної органіки мікроорганізмами і безхребетними-сапрофагами з відсутністю пасвальної дигресії на степових ділянках призводить до швидкого накопичення відмерлої рослинної маси і, навпаки, виключення такого фактору, як випасання, викликає не «консервування» певних «еталонних» степових угруповань, а їх значну трансформацію яка відбувається дуже швидко [29, 43]. Це призводить до формування у багатьох випадках монодомінантних кореневищно-злакових угруповань [4, 25]. Ймовірно, продукційно-деструкційні процеси угруповань плакору є більш рівноважними, ніж фітоценози схилів балок.

Важливу роль для розуміння продукційно-деструкційних процесів степових фітоценозів відіграють співвідношення між кількістю біомаси до мортмаси. Так, співвідношення між біомасою та мортмасою плакорних місцезростань («Урочище Степок») становить від 1:1,2 до 1:2,7, а схиливих степів – від 1:4,1 до 1:5,7 (у фітоценозах формації *Stipeta capillatae*) та від 1:3,8 до 1:4,5 (у фітоценозах формації *Jurineeta brachycephala*). Для плакорних умов Асканійського степу, зафіксовано найбільшу кількість мортмаси відносно біомаси – 2,9:1,0 [9].

Як відомо [27], співвідношення надземної і підземної біомаси є показником розвинутості дернового процесу. На думку Л. В. Єстеревської [15], на бідних ґрунтах співвідношення підземної і надземної фітомаси рослин зростає за рахунок збільшення долі підземних органів у загальній біомасі, що розглядується як показник зростання стійкості рослин в умовах екологічної невідповідності [16]. Зростання інтенсивності пасвальної дигресії в фітоценозі формації *Stipeta capillatae* призводить до суттєвого зменшення цього показника. Так, за максимальної величини цього фактора («Балка Комарова») відношення підземної частини до надземної становить 3,7, а за мінімальної досягає 4,9.

Величина підземної маси угруповань значною мірою залежить також і від едафічних умов місцезростання. Більші відношення притаманні угрупованням, що розвиваються на кам'янистому ґрунті. Так, на крутих схилах у фітоценозі формації *Jurineeta brachycephala* на дерново-степових ґрунтах відношення підземної маси до надземної змінюється від 4,7 до 5,1. Тоді, як в «Урочищі Степок» найвужче відношення підземної маси до надземної притаманне угрупованню формації *Elytrigieta trichophora* (1,6), яке значно зростає в фітоценозі формації *Poeta angustifoliae* (4,1) і займає проміжне значення для угруповань формації *Bromopsideta inermis* (1,9). За даними О. П. Гофман [9], отриманими для зональних рослинних угруповань плакору ділянки «Стара» Асканійського степу, встановлено, що запаси підземної фітомаси щільнодернинних злаків в 11 разів перевищують запаси надземної. Таке значне переважання підземної маси за твердженнями В. В. Шаповал [33] забезпечує більш повне використання рослинами атмосферних опадів, що сприяє нівелюванню та відносній стабілізації величини надземної фітопродукції у різні за вологозабезпеченістю роки.

В умовах степу у рослин злакових фітоценозів коренева система є діагностуючою ознакою продуктивності, зволоження, аерації й інших життєво важливих для рослинності властивостей ґрунтового покриву. Вона визначає щільність дернового покриву, його еластичність і стійкість до витоптування. Ефективність дернового процесу залежить від комплексного впливу середовища, генетичних факторів, і суттєво, від видового складу фітоценозів. Багатьма дослідниками [13, 20, 26] відмічено, що основна маса коріння знаходиться в дернині, а з глибиною кількість підземної фітомаси зменшується. В залежності від біологічних особливостей домінуючих видів фітоценозу, а також від умов середовища, зростання темпів росту коренів різні і вони неоднаково заглиблюються у ґрунт або майже перестають рости [28]. Кореневі системи рослин є однією з геохімічних детермінант формування екосистем, які виконують такі основні функції, як закріплення рослини в ґрунті та забезпечення надходження компонентів мінерального живлення з ґрунту до рослини; впливають на фізичні та хімічні властивості ґрунтів, їх біологічну активність, здійснюють транслокацію біофільних елементів [38]. Особливості будови кореневої системи відображають відповідь рослин на зміну умов зростання, є важливими для їх пристосування до специфічних умов Степу, для оптимального використання наявних у ґрунті води і мінеральних речовин.

Так як підземна маса рослин в степових угрупованнях значно перевищує надземну, доцільно розглянути характер її розподілу в ґрунті, а саме масу, об'єм, площу поверхні та сумарну довжину коріння. Ці показники відображають вплив умов зростання на розвиток кореневої системи, а, отже, на розвиток всієї рослини [31]. В умовах південного Криворіжжя угруповання кореневищних і щільнодернинних злаків формують потужну кореневу систему із високими значеннями об'єму, площі поверхні та сумарної довжини коріння.

Угрупування формацій *Elytrigieta trichophora*, *Poeta angustifolia* та *Bromopsideta inermis* у заказнику «Урочище Степок» утворюють ряд, у якому загальна підземна маса поступово збільшується (табл. 1). Основна маса коренів досліджуваних фітоценозів знаходиться у верхньому шарі дерну на глибині 0–10 см. Найбільшу концентрацію кількості коренів у цьому горизонті відмічено в угрупованнях формацій *Bromopsideta inermis* і *Poeta angustifolia*, де її відносна участь становить 62,4 та 61,5 % відповідно. У фітоценозі формації *Elytrigieta trichophora*, найбільша маса коріння також зосереджена в шарі ґрунту 0–10 см – 57,8 %, з глибиною вона поступово зменшується і складає вже у шарі ґрунту 30–40 см всього 6,4 % (табл. 1). На усіх досліджуваних ділянках униз по профілю відмічається суттєве зменшення маси коріння у самих глибоких шарах ґрунту, а показники об'єму, площі поверхні та загальної довжини коренів мають максимальні величини в поверхневому шарі (0–10 см) і зменшуються з глибиною (табл. 2). Кореневі системи кореневищних злаків заповідної ділянки мають велику кількість коренів тонкої фракції (<0,5 мм), які забезпечують високі показники площі поверхні, особливо у верхніх горизонтах.

Максимальна загальна підземна маса характерна для фітоценозу формації *Stipeta capillata* ділянки «Балка Комарова» (1700 г/м²), оскільки субдомінантним видом є *Caragana scythica* (Ком.) Rojark. із значною масою коріння. Найбільша кількість коренів зосереджена в поверхневому шарі 0–10 см – 52,9 %, а в шарі ґрунту 20–30 см знаходиться 5,9 % коріння від загальної маси (табл. 1). Загальний об'єм коренів досягає 6222,5 см³/м² за сприятливих умов, причому у верхньому шарі (0–10 см) за цим показником їх міститься 53 %, а в шарі ґрунту 0–30 см – 83,7 %. Площа поверхні коріння сягає 76979,9 см²/м² у поверхневому шарі ґрунту 53 %, а в шарі ґрунту 40–50 см – лише 6,2 %. Сумарна довжина коріння складає 92796,1 см/м² (див. табл. 2). З глибиною цей показник поступово зменшується.

На моніторингових ділянках «Балка Зелена» і «Урочище Пригір'я» в угрупованнях формації *Stipeta capillata* загальна підземна маса становить 1630,0 і 1528,0 г/м² відповідно, причому максимальна кількість коренів зосереджена в верхньому шарі дерну 0–10 см – 52,1 і 52,4% відповідно від їх сумарної маси (табл. 1). В шарі ґрунту 40–50 см в цих фітоценозах кількість коріння зменшується до 2,2 % від загальної маси, як і їх об'єм, площа поверхні та довжина коріння (табл. 2).

Кореневі системи трав'янистих рослин виконують середовищеві роль, сприяючи формуванню елементів родючості у верхній товщі ґрунтів. Підземні пагони і коріння взаємопов'язані як між собою, так і з надземними органами, а в сукупності утворюють єдину, цілісну біоморфологічну структуру, що забезпечує життєдіяльність рослини [8].

У фітоценозах формації *Jurineeta brachycephalae* на ділянках «Урочище Пригір'я» і «Балка Зелена» величина маси підземних органів залежить від кам'янистості субстрату. Основна частина її локанізована у верхньому 0–30 см шарі

Таблиця 2

Кількісні показники розподілу кореневої маси в степових угрупованнях Південного Криворіжжя

| Грунтовий горизонт, см | Об'єм коріння, см ³ /м ² | | Площа поверхні коріння, см ² /м ² | | Довжина коріння, см/м ² | |
|--|--|-------|---|-------|------------------------------------|-------|
| | M ± m | CV, % | M ± m | CV, % | M ± m | CV, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Угруповання формації <i>Poa angustifolia</i> («Урочище Степок») | | | | | | |
| 0-10 | 393,3,1±488,4 | 43,0 | 53 499,4±5598,8 | 36,2 | 65 849,2±6 684,0 | 35,1 |
| 10-20 | 721,0±97,6 | 46,8 | 9 551,4±1 162,5 | 42,1 | 11 664,2±1 404,7 | 41,7 |
| 20-30 | 542,1±81,4 | 51,9 | 7 128,1±1 016,4 | 49,3 | 8 699,8±1 235,6 | 49,1 |
| 30-40 | 397,5±49,1 | 42,7 | 4 926,7±498,1 | 35,0 | 5 939,3±573,0 | 33,4 |
| 40-50 | 388,8±33,8 | 30,1 | 5 298,3±431,6 | 28,2 | 6 441,7±521,7 | 28,0 |
| Угруповання формації <i>Bromopsis inermis</i> («Урочище Степок») | | | | | | |
| 0-10 | 4010,4±376,2 | 32,5 | 44 461,1±4215,9 | 32,8 | 53 069,1±5 090,6 | 33,2 |
| 10-20 | 923,1±92,6 | 34,7 | 11 657,5±1031,5 | 30,6 | 13 854,7±1 191,7 | 29,8 |
| 20-30 | 815,8±69,7 | 29,6 | 10 925,0±779,5 | 24,7 | 13 231,5±920,8 | 24,1 |
| 30-40 | 616,7±75,0 | 42,1 | 7 117,2±740,2 | 36,0 | 8 247,6±816,6 | 34,3 |
| 40-50 | 386,3±19,3 | 17,3 | 4 822,5±144,4 | 10,4 | 5 683,0±142,4 | 8,7 |
| Угруповання формації <i>Elytrigia trichophora</i> («Урочище Степок») | | | | | | |
| 0-10 | 3613,5±522,6 | 50,0 | 48 042,4±6926,8 | 49,9 | 58 297,1±8 547,2 | 50,7 |
| 10-20 | 638,5±99,0 | 53,7 | 7 746,7±1 181,1 | 52,8 | 9 055,7±1 424,7 | 54,4 |
| 20-30 | 657,3±82,3 | 43,3 | 8 362,5±1 027,4 | 42,5 | 9 926,9±1 234,6 | 43,0 |
| 30-40 | 475,0±53,6 | 39,0 | 6 248,6±574,7 | 31,8 | 7 507,6±673,6 | 31,0 |
| 40-50 | 328,1±57,7 | 60,8 | 4 207,5±727,6 | 59,8 | 5 124,0±900,3 | 60,8 |
| Угруповання формації <i>Stipa capillata</i> («Балка Зелена») | | | | | | |
| 0-10 | 3799,0±335,5 | 30,6 | 47 862,6±3036,9 | 22,0 | 57 151,4±3529,1 | 21,4 |
| 10-20 | 759,6±59,5 | 27,1 | 9 982,7±683,1 | 23,7 | 11 974,3±809,8 | 23,4 |
| 20-30 | 580,4±26,8 | 16,0 | 7 568,4±284,1 | 13,0 | 9 091,8±321,5 | 12,2 |
| 30-40 | 430,6±60,1 | 48,3 | 5620,3±779,3 | 48,0 | 6730,3±940,9 | 48,4 |

Закінчення таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|--------------|------|-----------------|------|------------------|------|
| 40-50 | 374,4±20,4 | 18,8 | 4 671,7±208,8 | 15,5 | 5 493,5±232,9 | 14,7 |
| Угруповання формації <i>Stipa capillata</i> («Урочище Пригір'я») | | | | | | |
| 0-10 | 3467,5±133,9 | 13,4 | 47 073,1±1947,8 | 14,3 | 57 635,9±2425,1 | 14,6 |
| 10-20 | 1 095,0±31,5 | 9,9 | 14 385,7±324,2 | 7,8 | 17 391,2±375,4 | 7,5 |
| 20-30 | 575,0±14,5 | 8,7 | 8 036,0±152,9 | 6,6 | 9 892,5±178,0 | 6,2 |
| 30-40 | 290,0±10,7 | 12,8 | 3 622,4±100,7 | 9,6 | 4 348,7±115,3 | 9,2 |
| 40-50 | 85,0±4,0 | 16,4 | 1 082,4±38,9 | 12,5 | 1 310,6±44,6 | 11,8 |
| Угруповання формації <i>Stipa capillata</i> («Балка Комарова») | | | | | | |
| 0-10 | 3298,1±202,2 | 21,2 | 40 741,7±2066,7 | 17,6 | 48 632,6±2 383,9 | 17,0 |
| 10-20 | 1150,0±116,8 | 35,1 | 14 990,8±1281,9 | 29,6 | 18 415,4±1 538,2 | 28,9 |
| 20-30 | 787,7±93,2 | 40,9 | 9 530,6±955,0 | 34,7 | 11 561,6±1 137,2 | 34,0 |
| 30-40 | 594,2±46,3 | 27,0 | 6 931,8±386,2 | 19,3 | 8 368,6±433,9 | 17,9 |
| 40-50 | 392,5±39,6 | 34,9 | 4 785,0±351,9 | 25,4 | 5 817,9±413,6 | 24,6 |
| Угруповання формації <i>Jurinea brachyserphala</i> («Балка Зелена») | | | | | | |
| 0-10 | 4765,6±298,6 | 21,7 | 65 071,3±3535,1 | 18,8 | 81 122,7±4325,4 | 18,4 |
| 10-20 | 1186,9±132,0 | 38,5 | 15 609,7±1545,0 | 34,2 | 19 184,5±1872,5 | 33,8 |
| 20-30 | 629,0±57,3 | 31,5 | 7 574,3±482,0 | 22,0 | 9 117,2±543,0 | 20,6 |
| Угруповання формації <i>Jurinea brachyserphala</i> («Урочище Пригір'я») | | | | | | |
| 0-10 | 2723,5±415,4 | 52,8 | 34 833,6±5300,5 | 52,7 | 42 872,3±6540,7 | 52,8 |
| 10-20 | 1051,0±243,1 | 80,0 | 12 729,7±3051,6 | 82,9 | 15 359,8±3740,7 | 84,3 |
| 20-30 | 548,3±91,8 | 57,9 | 6 561,4±872,9 | 46,0 | 7 877,3±1 006,2 | 44,2 |

Примітка. М – середнє арифметичне, ± m – похибка середньої арифметичної, CV, % – коефіцієнт відхилення

грунту (табл. 1). При незначній кам'янистості в угрупованні формації *Jurineeta brachycephalae* в «Урочищі Пригір'я» у поверхневому 10-ти сантиметровому шарі ґрунту знаходиться 70,3 % коренів (табл. 1). Загальний об'єм, площа поверхні та довжина коріння складає відповідно $4322,80 \text{ см}^3/\text{м}^2$, $54124,70 \text{ см}^2/\text{м}^2$ та $66109,40 \text{ см}/\text{м}^2$ (табл. 2). При більшій кам'янистості в цьому угрупованні на ділянці «Балка Зелена» в шарі ґрунту 0–10 см знаходиться 71,1% коренів від загальної підземної маси (табл. 1). Глибше 30 см зразки для виділення кореневих систем через суцільний шар каміння не відбирались. Загальний об'єм коріння досягає $6581,5 \text{ см}^3/\text{м}^2$, причому у верхньому горизонті 0–10 см за цим показником їх міститься 72,4 %, а в шарі ґрунту 20–30 см – лише 9,6 % від загального. Площа поверхні та сумарна довжина коріння складає відповідно $88255,30 \text{ см}^2/\text{м}^2$ та $109424,40 \text{ см}/\text{м}^2$ (табл. 2).

Таким чином, одним із головних показників стану степового фітоценозу є продуктивність надземної і підземної маси, що забезпечують запаси підстилки. Кількість підстилки в фітоценозах різна, залежить від видового складу та едафотопу, що зумовлюють надходження рослинних залишків під час відмирання надземної фітомаси. Запас підстилки є найбільш об'єктивним серед морфологічних показників степових фітоценозів, що відображає їх біогеоценотичну сутність.

Висновки

1. Загальна надземна маса та мортмаса степових угруповань залежить від видів домінантів у їх складі, режиму заповідання та антропопресингу. В усіх фітоценозах за фітомасою переважає домінант даних угруповань, а субдомінантами були різноманітні види з різними біомасовими показниками. Рослинним угрупованням абсолютно заповідної ділянки «Урочище Степок» притаманні найвищі показники надземної, підземної продукції та мортмаси, що слід розглядати як вплив резерватогенної мезофітизації ($329,95$ – $734,95$ і $1638,0$ – $1958,0 \text{ г}/\text{м}^2$).

2. Запаси підстилки в степових фітоценозах коливаються в межах $49,55$ – $459,76 \text{ г}/\text{м}^2$ і залежать від кам'янистості субстрату, положення в рельєфі, домінантних видів у фітоценозі та їх продуктивності, від впливу антропогенного навантаження, пасквальної дигресії і заповідання. Завдяки високій залишковій продукції рослин в умовах абсолютного режиму заповідання відбувається значна акумуляція підстилки.

3. Найбільші показники підземної маси для степових угруповань відмічені на схилах степових балок, величини якого залежать від біологічних особливостей домінанту в фітоценозі та ступеня кам'янистості субстрату. В формації *S. capillatae* в «Балці Комарова» це $1700,0 \text{ г}/\text{м}^2$, а мінімальні – в угрупованні формації *J. brachycephalae* «Урочища Пригір'я» – $1252,0 \text{ г}/\text{м}^2$.

4. Найбільш кореневонасиченим в усіх досліджених фітоценозах є ґрунтовий горизонт 0–10 см, де знаходиться основна коренева маса трав'янистих

рослин. Високі значення об'єму, площі поверхні та довжини коренів також притаманні цьому шару ґрунту. У нижче розміщених горизонтах усі показники суттєво зменшуються, особливо в горизонті 30–50 см.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2020

Список використаної літератури

1. Абатуров Б. Д. Первичная продуктивность степных растительных сообществ в комплексной полупустыне Северного Прикаспия / Б.Д. Абатуров, Ю.Д. Нухимовская, Н.Ю. Кулакова // *Успехи современной биологии*. – 2016. – Т. 136. № 5. – С. 438–448.
2. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
3. Беляков С. О. Модування показників чистої первинної продуктивності та мортмаси трав'янистих угруповань ділянки «Стара» біосферного заповідника «Асканія-Нова» / С. О. Беляков, О.П. Гофман, І.Г. Вишенська // *Наукові записки НаУКМА. Сер. Біологія та екологія*. – 2016. – Т. 184. – С. 52–57.
4. Боровик Л. П. Проблема режима сохранения степи в заповедниках: пример Стрельцовой степи / Л.П. Боровик, Е.Н. Боровик // *Степной бюллетень*. – 2006. – № 20. – С. 29–33.
5. Гавриленко В. С. Некоторые итоги заповедного степеведения: чего хотели, что получили, что может быть? / В.С. Гавриленко // *Заповідні степи України. Стан та перспективи їх збереження: міжнарод. наук. конф., 18–22 вересня 2007 р.: матеріали*. – Асканія-Нова. – Армянськ: ПП Андреев О.В., 2007. – С. 16–9.
6. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень. Навчальний посібник / [Б.Є. Якубенко, С.Ю. Попович, П.М. Устименко, Д.В. Дубина, А.М. Чурілов]. К.: Ліра К., 2018 – 316 с.
7. Голеусов П. В. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи / П.В. Голеусов, Ф.Н. Лисецкий. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
8. Голубев В. Н. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи / В. Н. Голубев. – Воронеж: Издат-во Воронежского ун-та, 1962. – 512 с.
9. Гофман О. П. Кореляційний аналіз динаміки надземної фітомаси рослинності асканійського степу за період 1996–2012 рр. у зв'язку з кількістю опадів / О.П. Гофман // *Наукові записки НаУКМА. Сер. Біологія та екологія*. – 2014. – Т. 158. – С. 70–77.
10. Гофман О. П. Постпірогенне відновлення рослинних угруповань типчакково-ковилового степу «Асканія-Нова» / О.П. Гофман // *Екологія та ноосферологія*. – 2015. Т. 26, №. 3–4. – С. 30–41. doi: 10.15421/031518
11. Гофман О. П. Історія досліджень фітомаси степових рослинних угруповань у біосферному заповіднику «Асканія-Нова» / О.П. Гофман // *Екологія та ноосферологія*. – 2016. – Т. 27, № 3–4. – С. 35–46. doi: 10.15421/031612.
12. Дідух Я. П. Геоботанічне районування України та суміжних територій / Я.П. Дідух, Ю.Р. Шеляг-Сосонко // *Укр. ботан. журн.* – 2003. – Т. 60, № 1. – С. 6–17.
13. Демин А. П. Подземная масса луговой растительности поймы р. Оки и воздействие на нее удобрений / А.П. Демин // *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* – 1970. – Т. 75, Вып. 6. – С. 79–85.
14. Дрогобыч Н. Е. О разложении ветоши на асканийской степи / Н.Е. Дрогобыч // *Научн.-техн. бюлл. УНИИЖ «Аскания-Нова»*. – Херсон, 1980. – Вып. 1. – С. 70–71.
15. Етеревская Л. В. К вопросу теоретических основ рекультивации почв / Л.В. Етеревская, Е.А. Головачев // *Биомониторинг лесных экосистем степной зоны*. – Днепропетровск: ДГУ, 1992. – С. 97–104.
16. Зверковский В. Н. Особенности развития корневых систем древесных пород в условиях различной стратиграфии искусственных почвогрунтов рекультивируемых шахтных отвалов Западного Донбасса / В.Н. Зверковский // *Мониторинговые исследования лесных экосистем*

- степной зоны, их охрана и рациональное использование. – Днепропетровск: ДГУ, 1988. – С. 129–137.
17. Красова О. О. Знахідки *Eremogone cephalotes* (M. Bieb.) Fenzl на Криворіжжі і прилеглий території / О.О. Красова // Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин: II міжнар. наук. конф., 9–12 жовтня 2012 р.: матеріали. – К.: ПАЛИВОДА А.В., 2012. – С. 122–123.
 18. Красова О. О. Флористична та ценотична характеристики моніторингових степових ділянок південної частини Криворіжжя / О.О. Красова, Н.Ю. Шевчук, І.І. Коршиков // Укр. ботан. журн. – 2015. – Т. 72, № 5. – С. 431–441. doi: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.431>.
 19. Лавренко Е.М. Степи Евразии / Е.М. Лавренко, З.В. Карамышева, Р.И. Никулина. – Л.: Наука, 1991. – 145 с.
 20. Лисогор Л. П. Закономірності формування фітомаси в угрупованнях перелогів Кіровоградського геоботанічного району / Л.П. Лисогор // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Біологія. – 2014. – № 4 (61). – С. 32–37.
 21. Маринич О. М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко, П.Г. Шищенко // Укр. геогр. журн. – 2003. – № 1. – С. 16–20.
 22. Орлова Л. Д. Формування запасів підстилки на суходільних луках лівобережного лісостепу України / Л.Д. Орлова // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2011. – Вип. 19, Т. 1. – С. 130–136.
 23. Осичнюк В. В. Зміни рослинного покриву степу // Рослинисть УРСР. Степи, кам'янисті відслонення, піски / В.В. Осичнюк. – К.: Наук. думка, 1973. – С. 249–315.
 24. Положення про ботанічну пам'ятку природи загальнодержавного значення «Урочище «Степок» / Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 30.03.2012 № 207/ <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0207737-12#n8> (20.03.2020).
 25. Приходько С. А. Эколого-демографическая структура природных и интродукционных ценопопуляций как индикатор состояния степных фитоценозов / С.А. Приходько, Ю.В. Ибатулина, В.М. Остапко. – Донецк, 2013. – 309 с.
 26. Разложение растительных остатков в почве / под ред. М.С. Гилярова. – М.: Наука, 1985. – 143 с.
 27. Родин Л. Е. Динамика органического вещества и биологической продуктивности в основных типах растительности / Л.Е. Родин, Л.Н. Базилевич. – М.–Л.: Наука, 1965. – 253 с.
 28. Смелов С. П. Теоретические основы луговодства / С.П. Смелов. – М.: Колос, 1966. – 366 с.
 29. Ткаченко В. С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику / В.С. Ткаченко. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
 30. Узбек И. Х. Особенности развития корневых систем люцерны и эспарцета, возделываемых на рекультивируемых почвах / И.Х. Узбек // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 101–107.
 31. Узбек И. Х. Еколого-біологічна оцінка едафотопів техногенних ландшафтів степової зони України (на прикладі Нікопольського марганцеворудного басейну): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня, доктора біол. наук: 03.00.16 «Екологія» / І.Х. Узбек. – ДГУ: Дніпропетровськ, 2001. – 36 с.
 32. Чорнобай Ю. М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах / Ю.М. Чорнобай. – Львів: Вид-во ДПМ НАН України, 2000. – 352 с.
 33. Шаповал В. В. До аналізу підземної фітомаси корінних асоціацій рослинності асканійського степу / В.В. Шаповал, С.С. Звєгінцов, О.П. Гофман // Біорізноманіття. Екологія. Адаптація. Еволюція: матер. VI міжнар. конф. молодих вчених, 13–17 травня 2013 р. – Одеса: Печатний дом, 2013. – С. 58.
 34. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1980. – 175 с.
 35. Bentsen M. The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M – Part 1: Description and basic evaluation of the physical climate / M. Bentsen, I. Bethke, J.B. Debernard, T. Iversen, A. Kirkev-

- åg, Ø. Seland, H. Drange, C. Roelandt, I.A. Seierstad, C. Hoose, J.E. Kristjánsson // *Geosci. Model.* – 2013. – Dev. 6. – P. 687–720.
36. Hofstede R. G.M. Biomass of Grazed, Burned and Indisturbed / R.G.M. Hofstede, M.X.M. Castillo, M.R.O. Constanza // *Paramo Grasslands, Colombia. I. Aboverground Vegetation, Arct. and Alp. Res.*, 1995, vol. 27, no. 1, pp. 1–12.
 37. Holland E. A. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem / E.A. Holland, D.C. Coleman // *Ecology.* – 1987. – No. 68. – P. 425–433.
 38. Jung J. K.H. Getting to the roots of it: genetic and hormonal control of root architecture / J.K.H. Jung, S. McCouch // *Frontiers in Plant Science.* – 2013. – Vol. 4, No. 186. – P. 1–21.
 39. Knapp A. K. Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie / A.K. Knapp, T.R. Seastedt // *BioScience.* – 1986. – No. 36. – P. 622–668.
 40. Li H. Temperate dryland vegetation changes under a warming climate and strong human intervention – with a particular reference to the district Xilin Gol, Inner Mongolia, China / H. Li, X. Yang // *Catena* 119. – 2014. – P. 9–20.
 41. Lin Ch. Deriving the spatiotemporal NPP pattern in terrestrial ecosystems of Mongolia using MODIS imagery / Ch. Lin, N. Dugarsuren // *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.* – 2015, 81(7). – P. 587–598.
 42. Menges E. S. Life History Strategies of Florida Scrub Plants in Relation to Fire / E.S. Menges, N. Kohfeldt // *Bull. Torrey Bot. Club*, 1995. – Vol. 122, no. 4. – P. 282–297.
 43. Milton S. J. Effects of Small-Scale Animal Disturbances on Plant Assemblages of Set-aside Land in Central Germany / S.J. Milton, W.R.J. Dean, S. Klotz // *J. Veget. Sci.*, 1997. – Vol. 8, no. 1. – P. 45–54.
 44. Pastor J. Little bluestem litter dynamics in Minnesota oldfields / J. Pastor, M.A. Stillwell, D. Tilman // *Oecologia.* – 1987. – No. 72. – P. 327–330.
 45. Valee L. M. Guidelines for the Translocation of Threatened Plants in Australia. 2nd Ed. / L.M. Valee, T. Hogbin, L. Monks, B. Makinson, M. Matthes, M. Rossetto // *Australian Network for Plant Conservation, Australia, Canberra*, 2004. – 170 p.
 46. Watt T. A. An Experimental Study of the Impact of Seasonal Sheep Grazing on Formerly Fertilized Grassland / T.A. Watt, J.R. Treweek, F.S. Woolmer // *J. Veget. Sci.*, 1996. – Vol. 7, no. 4. – P. 535–542.
 47. Weyant J. Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m² RCPP Evaluation Panel / J. Weyant, C. Azar, M. Kaninuma, J. Kejun, N. Nakicenovic, P.R. Shukla, E. Rovere, G. Yohe. – Geneva, Switzerland: IPCC Secretariat, 2009. – 114 p.
 48. Wildung R. E. The Independent Effects of Soil Temperature and Water Content on Soil Respiration Rate and Plant Root Decomposition in Arid Grassland Soils / R.E. Wildung, T.R. Gauland, R.L. Buschbom // *Soil Biol. Biochem.* – Pergamon Press, 1975. – Vol. 7. – P. 373–378.

N. Y. Shevchuk, I. I. Korshykov

Kryvyi Rih Botanical Garden, NAS of Ukraine

str. Marshak, 50, Kryvyi Rih, 50089, Ukraine, e-mail: natkasa@meta.ua,

IMPACT OF THE DEGREE OF ANTHROPOGENIC DISTURBANCE OF NATURAL STEPPE PHYTOCENOSES ON THEIR PRODUCTIVITY AND ACCUMULATION OF MORTMASS

Abstract

Introduction. The influence of anthropopressing on the formation of the aboveground and underground biomass and the combination of these factors on the accumulation of litter in steppe phytocenoses were studied. A comparative analysis of natural plant communities with the ones located in the area with the absolute reservation regime was carried out. Quantitative relations between the aboveground biomass and litter depending on the species composition of phytocenoses, edaphic conditions and anthropogenic pressure were found.

The **aim** of this article is to analyze the productivity and accumulation of mortmass in steppe phytocenoses depending on anthropogenic pressure in order to establish the specifics of their functioning in the conditions of Southern Kryvyi Rih Area.

Methods. The method of 1 m² mowing squares in 20-fold repetition with definition of absolutely dry weight was used to study the aerial part of grass stand phytomass and mortmass. The distribution of the underground organs of the grass stand in the soil pedons was determined by washing the soil monoliths in I.Kh. Uzbek modification. The weight and volume of the roots were determined. According to the preliminary data, we calculated the surface area and total root length. The data obtained were processed by the method of variation statistics.

Results and conclusions. As a result of the conducted studies, it was ascertained that the productivity of steppe phytocenoses and the accumulation of litter in them depends on the dominant species in their composition, the conservation regime, the position in the relief and pasture digression. The dominant of these communities prevails in all monitoring sites in the studied phytocenoses in the phytomass, with the species with different biomass indicators being subdominant. The highest indices of the aboveground, underground phytomass and mortmass are characteristic of the plant communities of the protected area, which should be considered as the effect of reserve-pathogenic mesophytization. Productivity and mortmass indicators for steppe communities on the slopes depend on the biological characteristics of the dominant in the phytocenosis, the position in the relief, the degree of rockiness of the substrate and the anthropogenic load. The most root-saturated soil horizons in all studied phytocenoses are the ones at depth of 0–10 cm, where the main root mass of herbaceous plants is located. Also, this soil layer is characterized by high values of volume, surface area and length of roots.

Keywords: steppe; plant communities; productivity; mortmass; reserve regime; anthropopressing; South Kryvyi Rih area.

References

1. Abaturov B.D., Nukhimovskaya Yu.D., Kulakova N.Yu. (2016) «*Primary productivity of steppe plant communities in the complex semi-desert of the Northern Caspian*» [Pervichnaja produktivnost' stepnyh rastitel'nyh soobshhestv v kompleksnoj polupustyne Severnogo Prikaspija], *Uspеhi sovremennoj biologii*, 136, 5, pp. 438–448.
2. Bazilevich N.I. (1993) «*Biological productivity of ecosystems of Northern Eurasia*» [Biologicheskaya produktivnost' ekosistem Severnoj Evrazii], Moskva, Nauka, 293 p.
3. Belyakov S.O., Hoffmann O.P., Vishenska I.G. (2016) «*Model of indicators of pure primary productivity and mortmas of herbs's growing corrugation of the dwarf "Stara" of the biosphere reserve "Askaniya-Nova"*» [Modelyuvannya pokaznikov chistoyi pervinnoyi produktivnosti ta mortmasi trav'yanistih ugrupovan dilyanki «Stara» biosfernogo zapovidnika «Askaniya-Nova»], *Naukovi zapiski NaUKMA. Serii: Biologiya ta ekologiya*, 184, pp. 52–57.
4. Borovik L.P., Borovik E.N. (2006) «*The problem of the regime of conservation of the steppe in reserves: an example of the Streltsovskaya steppe*» [Problema rezhima sohraneniya stepi v zapovednikah: primer Strelcovskoj stepi], *Stepnoj byulleten*, 20, pp. 29–33.
5. Gavrilenko V.S. (2007) «*Some results of reserved steppe studies: what did they want, what did they get, what could be?*» [Nekotorye itogi zapovednogo stepovedeniya: chego hoteli, chto poluchili, chto mozhet byt?], *Zapovidni stepi Ukraini. Stan ta perspektivi yih zberezheniya: mizhnarod. nauk. konf., 18–22 veresnya 2007: materialy, Askaniya-Nova, Armyansk, PP Andryeyev O.V.*, pp. 16–9.
6. «*Geobotany: methodical aspects of researches. Study guide*» (2018) [Heobotanika: metodychni aspekty doslidzhen. Navchalnyi posibnyk / B.Ie. Yakubenko, S.Iu. Popovych, P.M. Ustyenko, D.V. Dubyna, A.M. Churilov], K.: Lira K., 316 s.
7. Goleusov P.V., Lisetskiy F.N. (2009) «*Soil reproduction in anthropogenically disturbed forest-steppe landscapes*» [Vosproizvodstvo pochv v antropogenno narushennyh landshaftah lesostepi], M., GEOS, 210 p.
8. Golubev V.N. (1962) «*Fundamentals of biomorphology of herbaceous plants of the central forest-steppe*» [Osnovi biomorfologii travyanistyh rastenij centralnoj lesostepi], Voronezh, Izdat-vo Voronezhskogo un-ta, 512 p.
9. Hoffmann O.P. (2014) «*Corelate analysis of the dynamics of elevated phytomas and ascensions of the Ascan steppe for the period 1996–2012 pp. at the star's call of the opad*» [Korelyacijnij analiz dinamiki nadzemnoyi fitomasi roslinnosti askanijskogo stepu za period 1996–2012 rr. u zv'yazku z kilkisty opadiv], *Science Naukovi zapiski NaUKMA, Serii: Biologiya ta ekologiya*, 158, pp. 70–77.
10. Hoffmann O.P. (2015) «*Post-pyrogenic restoration of plant communities of the Ascania-Nova steppe and feather grass steppe*» [Postpirogenne vidnovlennya roslinnih ugrupovan tipchakovo-kovilovogo stepu «Askaniya-Nova»], *Ecology & Noospherology*, 26, 3–4, pp. 30–41. doi: 10.15421/031518.
11. Hoffmann O.P. (2016) «*Istoriya doslidzhen fitomasi of steppes of the long-term ugrupovanie at the biosphere reserve "Askaniya-Nova"*» [Istoriya doslidzhen fitomasi stepovih roslinnih ugrupovan u biosferomu zapovidniku «Askaniya-Nova»], *Ecology & Noospherology*, 27, 3-4, pp. 35–46. doi: 10.15421/031612.
12. Didukh Ya.P., Shelyag-Sosonko Yu.R. (2003) «*Geobotany district of Ukraine and the total territories*» [Geobotanichne rajonuvannya Ukraini ta sumizhnih teritorij], *Ukrayinskij botanichnij zhurnal*, 60, 1, pp. 6–17.
13. Demin A.P. (1970) «*The underground masa of meadow vegetation of the floodplain of the river Oka and the effect of fertilizers on it*» [Podzemnaya masa lugovoj rastitelnosti pojmy r. Oki i vozdeystvie na nee udobrenij], *Byull. MOIP. Otd. biol.*, 75, 6, pp. 79–85.
14. Drohobych N.E. (1980) «*On the decomposition of rags on the Askanian steppe*» [O rozlozhenii vetoshi na askanijskoj stepi], *Nauchn.-tehn. byull. UNIIZh «Askaniya-Nova»*, Herson, 1, pp. 70–71.
15. Eterevskaya L.V., Golovachev E.A. (1992) «*On the theoretical basis of soil remediation*» [K vo-

- prosu teoreticheskikh osnov rekultivacii pochv], Biomonitoring lesnyh ekosistem stepnoj zony, Dnepropetrovsk, DGU, pp. 97–104.
16. Zverkovsky V.N. (1988) «*Features of the development of root systems of tree species under different stratigraphy of artificial soil in reclaimed mine dumps of the Western Donbass*» [Osobennosti razvitiya kornevyh sistem drevesnyh porod v usloviyah razlichnoj stratigrafii iskusstvennyh pochvogrunтов rekultiviruemym shahitnyh otvalov Zapadnogo Donbassa], Monitoringovyе issledovaniya lesnyh ekosistem stepnoj zony, ih ohrana i racionalnoe ispolzovanie, Dnepropetrovsk, DGU, pp. 129–137.
 17. Krasova O.O. (2012) «*Witches of Eremogone cephalotes (M. Bieb.) Fenzl on Krivorizhzhii i adjoining territory*» [Znahidki Eremogone cephalotes (M. Bieb.) Fenzl na Krivorizhzhii i prileglij teritoriyi], Roslinnij svit u Chervonij knizi Ukraini: vprovadzhennya Globalnoyi strategiyi zberezhennya roslin: materiali II Mizhnar. nauk. konf., 9–12 zhovtnya 2012, K., PALIVODA A.V., pp. 122–123.
 18. Krasova O.O., Shevchuk N.Yu., Korshikov I.I. (2015) «*Floristic and coenotic characteristics of monitoring steppe sections of the southern part of Kryvorizhzhya*» [Floristichna ta cenotichna harakteristiki monitoringovyh stepovyh dilyanok pivdennoyi chastini Krivorizhzhya], Ukrayinskij botanichnij zhurnal, 72, 5, pp. 431–441. doi: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.431>
 19. Lavrenko E.M., Karamysheva Z.V., Nikulin R.I. (1991) «*Steppes of Eurasia*» [Stepi Evrazii], L., Nauka, 145 p.
 20. Lisogor L.P. (2014) «*Patterns of phytomass formation in groups of deposits of Kirovograd geobotanical area*» [Zakonomirnosti formuvannya fitomasi v ugrupovannyah perelogiv Kirovogradskogo geobotanichnogo rajonu], Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnogo universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka, Seriya: Biologiya, 4(61), pp. 32–37.
 21. Marinich O.M., Parkhomenko G.O., Petrenko O.M., Shishchenko P.G. (2003) «*Improved scheme of physical and geographical zoning of Ukraine*» [Udoskonalena shema fiziko-geografichnogo rajonuvannya Ukraini], Ukr. geogr. zhurn., 1, pp. 16–20.
 22. Orlova L.D. (2011) «*Formation of litter reserves on the dry meadows of the left-bank forest steppe of Ukraine*» [Formuvannya zapasiv pidstilki na suhodilnih lukah livoberezhnogo lisostepu Ukraini], Visnik Dnipropetrovskogo universytetu, Biologiya. Ekologiya, 19, 1, pp. 130–136.
 23. Osichnyuk V.V. (1973) «*Zmini roslinnogo pokryvu stepu*» [Roslinnist URSR. Stepi, kam'yanisti vidslonennya, piski], Kiyiv, Naukova dumka, pp. 249–315.
 24. «*Regulations on the botanical nature monument of national importance "Tract" Stepok " / Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine of 30.03.2012 No.207*» [Polozhennya pro botanichnu pam'yatku prirodi zagalnoderzhavnogo znachennya «Urochishe «Stepok» / Nakaz Ministerstva ekologiyi ta prirodnih resursiv Ukraini vid 30.03.2012 №207] / <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0207737-12#n8> (03/20/2020).
 25. Prikhodko S.A., Ibatulina Yu.V., Ostapko V.M. (2013) «*Ecological and demographic structure of natural and production coenopopulations as an indicator of the state of steppe phytocenoses*» [Ekologo-demograficheskaya struktura prirodnyh i ntrodukcionnyh cenopopulyacij kak indikator sostoyaniya stepnyh fitocenozov], Doneck, 309 p.
 26. «*Decomposition of plant residues in soil*» (1985) / pod red. M.S. Gilyarova, M., Nauka, 143 p.
 27. Rodin L.E., Bazilevich L.N. (1965) «*The dynamics of organic matter and biological productivity in the main types of vegetation*» [Dinamika organicheskogo veshhestva i biologicheskoy produktivnosti v osnovnyh tipah rastitel'nosti], M.-L., Nauka, 253 p.
 28. Smelov S.P. (1966) «*Theoretical foundations of meadow farming*» [Teoreticheskie osnovy lugovodstva], M., Kolos, 366 p.
 29. Tkachenko V.S. (2004) «*Phytocenotic monitoring of reserve successions in the Ukrainian steppe nature reserve*» [Fitocenotichnij monitoring rezervatnih sukcesij v Ukrayinskomu stepovomu prirodnomu zapovidniku], K., Fitosociocentr, 184 p.
 30. Uzbek I.Kh. (1981) «*Features of the development of root systems of alfalfa and sainfoin cultivated on reclaimed soils*» [Osobennosti razvitiya kornevyh sistem lyucerny i esparceta, vozdeleyvaemyh na rekultiviruemym pochvah], Pochvovedenie, 1, pp. 101–107.

31. Uzbek I.Kh. (2001) *Ecological-biological assessment of edaphotopes of man-made landscapes of the steppe zone of Ukraine (on the example of the Nikopol manganese-ore basin)* [Ekologo-biologichna ocinka edafotopiv tehnoqennih landshaftiv stepovoyi zoni Ukrayini (na prikladi Nikopolskogo margancevorudnogo basejnu). author. dis.... doktora biol. nauk], Dnipropetrovsk, 36 p.
32. Chornobay Yu.M. (2000) «*Transformation of plant detritus in natural ecosystems*» [Transformaciya roslinnogo detritu v prirodnihi ekosistemah], Lviv, Vid-vo DPM NAN Ukrayini, 352 p.
33. Shapoval V.V., Zveginov S.S., Gofman O.P. (2013) «*On the analysis of underground phytomass of indigenous associations of vegetation of the Ascanian steppe*» [Do analizu pidzemnoyi fitomasi korinnih asociacij roslinnosti askanijskogo stepu], Bioriznomanittya. Ekologiya. Adaptaciya. Evolyuciya: mater. VI Mizhnar. konf. molodih vchenih, 13–17 travnya, Odesa, Pechatnyj dom, p. 58.
34. Schmidt V.M. (1980) «*Statistical methods in comparative floristry*» [Statisticheskie metody v sravnitelnoj floristike], L., Izd-vo Leningr. gos. un-ta, 175 p.
35. Bentsen M., Bethke I., Debernard J.B., Iversen T., Kirkevåg A., Seland Ø., Drange H., Roelandt C., Seierstad I.A., Hoose C., Kristjánsson J. E. (2013) The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M. Part 1: Description and basic evaluation of the physical climate, *Geosci. Model.*, 6, pp. 687–720.
36. Hofstede R.G.M., Castillo M.X.M., Constanza M.R.O. (1995) Biomass of Grazed, Burned and Indisturbed, Paramo Grasslands, Colombia. I. Aboverground Vegetation, *Arct. and Alp. Res.*, 27, 1, pp. 1–12.
37. Holland E.A., Coleman D.C. (1987) Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem, *Ecology*, 68, pp. 425–433.
38. Jung J.K.H., McCouch S. (2013) Getting to the roots of it: genetic and hormonal control of root architecture, *Frontiers in Plant Science*, 4, 186, pp. 1–21.
39. Knapp A.K., Seastedt T.R. (1986) Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie, *BioScience*, 36, pp. 622–668.
40. Li H., Yang X. (2014) Temperate dryland vegetation changes under a warming climate and strong human intervention – with a particular reference to the district Xilin Gol, Inner Mongolia, China, *Catena* 119, pp. 9–20.
41. Lin Ch., Dugarsuren N. (2015) Deriving the spatiotemporal NPP pattern in terrestrial ecosystems of Mongolia using MODIS imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(7), pp. 587–598.
42. Menges E.S., Kohfeldt N. (1995) Life History Strategies of Florida Scrub Plants in Relation to Fire, *Bull. Torrey Bot. Club*, 122, 4, pp. 282–297.
43. Milton S.J., Dean W.R.J., Klotz S. (1997) Effects of Small-Scale Animal Disturbances on Plant Assemblages of Set-aside Land in Central Germany, *J. Veget. Sci.*, 8, 1, pp. 45–54.
44. Pastor J., Stillwell M.A., Tilman D. (1987) Little bluestem litter dynamics in Minnesota oldfields, *Oecologia*, 72, pp. 327–330.
45. Valee L.M., Hogbin T., Monks L., Makinson B., Matthes M., Rossetto M. (2004) Guidelines for the Translocation of Threatened Plants in Australia. 2nd Ed., Australian Network for Plant Conservation, Australia, Canberra, 170 p.
46. Watt T.A., Treweek J.R., Woolmer F.S. (1996) An Experimental Study of the Impact of Seasonal Sheep Grazing on Formerly Fertilized Grassland, *J. Veget. Sci.*, 7, 4, pp. 535–542.
47. Weyant J., Azar C., Kainuma M., Kejun J., Nakicenovic N., Shukla P. R., Rovere E., Yohe G. (2009) Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m² RCPP Evaluation Panel, Geneva, Switzerland: IPCC Secretariat, 114 p.
48. Wildung R.E., Gauland T.R., Buschbom R.L. (1975) The Independent Effects of Soil Temperature and Water Content on Soil Respiration Rate and Plant Root Decomposition in Arid Grassland Soils, *Soil Biol. Biochem*, Pergamon Press, 7, pp. 373–378.