

ВПЛИВ ЗМІН РЕЖИМУ ОПАДІВ НА СЕЗОННІ ПОТОКИ КАРБОНУ У КСЕРОФІТНИХ ТРАВ'ЯНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ПІВДЕННО-СХІДНОГО КРИМУ

ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ ПОЛІЩУК

ОЛЕКСАНДРА ОЛЕГІВНА ХАЛАЇМ

Поліщук О.В., Халаїм О.О. Вплив змін режиму опадів на сезонні потоки Карбону у ксерофітних трав'яних екосистемах Південно-Східного Криму // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2016. – Том 7(14), № 1. – С. 53-64. – ISSN 2220-3087.

У роботі представлені результати розрахунку сезонних потоків Карбону та аналіз потенційного впливу змін кількості опадів на ці потоки у трав'яних екосистемах Південно-Східного Криму. Залежно від сумарної кількості опадів, сезонні (березень-жовтень) значення валової продуктивності екосистеми (GEP) варіювали від 101 ± 3 до 607 ± 37 г С·м⁻²; дихання ґрунту варіювало від 76 ± 9 до 356 ± 15 г С·м⁻², а дихання екосистеми – від 286 ± 15 до 1162 ± 92 г С·м⁻². Через посушливу весну та аномальні зливи влітку 2013 р. відбулося зменшення інтенсивності процесів асиміляції та вивільнення Карбону екосистемою, порівняно з 2012 р. Змінам GEP у зв'язку зі зміною кількості опадів була властива пряма лінійна залежність.

Ключові слова: потоки Карбону, трав'яні ксерофітні екосистеми, зміни режиму опадів

Оцінка екосистемних потоків Карбону базується на використанні показників валової продуктивності екосистеми (gross ecosystem production, GEP), дихання екосистеми (ecosystem respiration, ER) та чистого екосистемного обміну Карбону (net ecosystem exchange, NEE) (Patrick et al., 2007; Niu et al., 2008), причому питання впливу абіотичних факторів середовища на ці показники є одним з ключових у багатьох екологічних дослідженнях (Wachman et al., 2010).

Колообіг Карбону в трав'яних екосистемах починається з фіксації автотрофами CO₂ з повітря та перетворення його в органічні сполуки в процесі фотосинтезу. Частина органічних сполук акумулюється у вигляді біомаси автотрофів, інші розщеплюються з метою отримання енергії (дихання автотрофів), що супроводжується виділенням частини CO₂ в атмосферу. Частина біомаси автотрофів відмирає і перетворюється на детрит або виділяється у ґрунт у вигляді абіотичних органічних речовин. Далі Карбон органічних речовин формує основну частину органічної речовини ґрунту (Бедернічек, Гамкало, 2014). За мінералізації органічної речовини ґрунту, у процесі дихання гетеротрофів решта CO₂ повертається в атмосферу (Gifford, 1994).

Дихання автотрофів – це не тільки важливий компонент сумарного дихання екосистеми, а також параметр, що тісно пов'язаний з валовою та чистою первинною продукцією. ER – це сума дихання автотрофів і гетеротрофів, яку

можна експериментально визначати як збільшення кількості CO₂ в атмосфері за відсутності світла:

$$ER = R_{\text{auto}} + R_{\text{hetero}} \quad (1)$$

NEE – це різниця між GEP і ER (Field, 2004), що визначають як зміну кількості CO₂ в атмосфері або Карбону в ґрунті:

$$NEE = GEP - ER \quad (2)$$

GEP характеризує кількість CO₂, яку засвоюють рослини в процесі фотосинтезу. Крім цього, GEP можна визначити як суму чистої первинної продуктивності (NPP) та автотрофного дихання (R_{auto}). На глобальному рівні для наземних екосистем NPP становить близько половини від GPP (Gifford, 1994), і R_{auto} охоплює близько двох третин від дихання екосистеми.

Зміни режиму опадів, що є одним з проявів глобальних кліматичних змін, у свою чергу зумовлюють різноманітні порушення функцій екосистем, призводять до інтенсифікації сукцесій, що вже спостерігається у степах Південної України (Беляков та ін., 2015). Це відображається на інтенсивності засвоєння Карбону та значеннях первинної продуктивності (Niu et al., 2008; Качалова, Норенко, Дідух, 2014). Зважаючи на високу чутливість ксерофітних трав'яних екосистем до змін погодних умов, виникає необхідність дослідження впливу фізико-кліматичних факторів на колообіг Карбону в таких угрупованнях.

Метою дослідження є розрахунок сезонних потоків Карбону та аналіз впливу змін кількості опадів на ці потоки у трав'яних екосистемах Південно-Східного Криму, що є актуальним з огляду на пришвидшення темпів кліматичних змін у регіональному масштабі.

Матеріали та методика досліджень

Розрахунок сезонних потоків Карбону здійснювали на основі результатів дослідження, проведеного у 2012-2013 рр. на експериментальному стаціонарі Карадазького природного заповідника (с. Курортне Феодосійської міськради, АР Крим) (Дідух та ін., 2001; Халаїм, Вишенська, 2012; Качалова, Норенко, Дідух, 2014).

Стаціонар складається з 21 дослідної ділянки, що містять конструкції для перерозподілу опадів. Перерозподіл відбувається під час випадання опадів за рахунок перехоплення крапель води на частині площі над ділянками. Частка цієї площі становить 20%, 40% або 60%. Кожна дослідна ділянка є природною ділянкою 2×2 м з трав'яною рослинністю, над якою встановлено конструкцію для перерозподілу опадів за розмірами ділянки. Конструкція містить ринви з прозорого акрилу у формі прямокутного трикутника у поперечному перерізі, що дає можливість часткового перехоплення опадів. Загалом на кожній ділянці по 12 ринв, розміщених з рівномірними проміжками, що дає можливість перехоплення до 60% опадів. На ділянках з “від’ємним” типом експерименту також встановлені пластикові водостічні ринви з воронкою на кінці, що слугують для

збору та спрямування опадів на парну ділянку з “додатнім” типом експерименту. На “додатній” ділянці відбувається крапельне рівномірне розподілення вологи по всій території ділянки. На стаціонарі було організовано 6 типів експерименту (збільшення та зменшення кількості природних опадів на 20%, 40% і 60%) та контроль, усі варіанти у трьох повторах (Дідух та ін., 2011). Дослідні ділянки з “додатнім” і “від’ємним” типом експерименту розміщені попарно (наприклад, -20 та +20); пари й контрольні ділянки (С – “control”) розташовані випадковим чином.

З метою відтворення колообігу Карбону в екосистемі було досліджено дихання ґрунту (R_{soil}), чистий екосистемний обмін Карбону (NEE), дихання екосистеми (ER), валову продуктивність екосистеми (GEP). Дихання автотрофів і гетеротрофів не виокремлювали, оскільки для цього не було технічної можливості.

Вимірювання потоків CO_2 проводили один раз на місяць, від 08:00 до 12:00 (NEE, ER) та до 15:00 (дихання ґрунту), у бездощові дні, за всіма типами експерименту за методикою (Bachman et al., 2010), яка передбачає використання замкненої системи для вимірювання концентрації CO_2 у повітрі CO_2 Plant CO_2 Analysis Package (Qubit Systems, Канада) з відповідними камерами (Халаїм, Вишенська, 2012).

З метою перерахунку потоків CO_2 з одноразових щомісячних значень, отриманих у період від 08:00 до 12:00, у добові та сезонні, у травні та червні (у період пікової вегетації рослинних угруповань) проведено добові вимірювання на контрольних ділянках із середньою періодичністю 2 год (Халаїм, Вишенська, 2012). Це дозволило оцінити добовий потік CO_2 в екосистемі та визначити коефіцієнти перерахунку кількості CO_2 у період від 08:00 до 12:00 у кількість CO_2 , що вивільнюється й асимілюється екосистемою впродовж доби.

Для розрахунку сезонних потоків Карбону дані щомісячного вимірювання у $\text{мкмоль CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ перераховували на грами Карбону. Розрахунок сезонних потоків CO_2 включав оцінку добових потоків у дні між вимірюваннями шляхом лінійної інтерполяції та розрахунок суми потоків за всі дні від 1 березня до 31 жовтня.

Хоча щомісячні вимірювання, на яких базуються наші розрахунки, відбувалися лише в безхмарні дні, на підставі літературних даних (Still et al., 2009; Zhang et al., 2011; Bai et al., 2012) ми припустили, що хмарність не зменшує GEP, оскільки сприяє збільшенню дифузності світла й більш рівномірному розподілу освітленості земної поверхні впродовж доби, що може сприяти інтенсифікації фотосинтезу.

Для встановлення зв’язку між кількістю опадів і потоками Карбону розраховували коефіцієнти кореляції та будували регресійні рівняння. Кількість опадів розраховували для кожного експериментального варіанту, перемножуючи природну сумарну кількість опадів за відповідний сезон на частку зміни кількості опадів за формулою:

$$O_{\text{експ}} = O_{\text{пр}} (1 + 3M / 100\%) \quad (3),$$

де $O_{\text{експ}}$ – розрахункова кількість опадів у експериментальному варіанті, $O_{\text{пр}}$ – природна кількість опадів, $3M$ – експериментальна зміна кількості опадів, від -60% до +60%.

Уміст органічного вуглецю в ґрунті (SOC, %) визначали за методикою Тюріна в модифікації Сімакова (Khalaim, Ivanyuk, 2014); для порівняльної оцінки брали дані зразків, відібраних на контрольних ділянках у пік вегетації (травень-червень) на глибині 0-4 см.

Статистичне опрацювання даних проводили з використанням програмного забезпечення SPSS (версія 16.0 для Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Нормальність розподілу значень аналізованих вибірок для параметрів GEP, NEE, ER досягали шляхом логарифмування даних. Достовірність отриманих результатів аналізу бралася до уваги на рівні $\leq 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Оскільки інтенсивність процесів емісії та поглинання CO_2 екосистемою прямо залежить від поточних погодних умов, ми проаналізували відповідні характеристики років дослідження. Погодним умовам 2012-2013 рр. характерні різна інтенсивність та середньомісячний розподіл кількості опадів протягом вегетаційного періоду на території заповідника, що зумовило різний характер функціонування досліджуваних екосистем. 2013 рік відзначався аномально посушливою весною, сильними зливами в червні (144 мм за місяць) і другим піком опадів у листопаді (рис. 1).

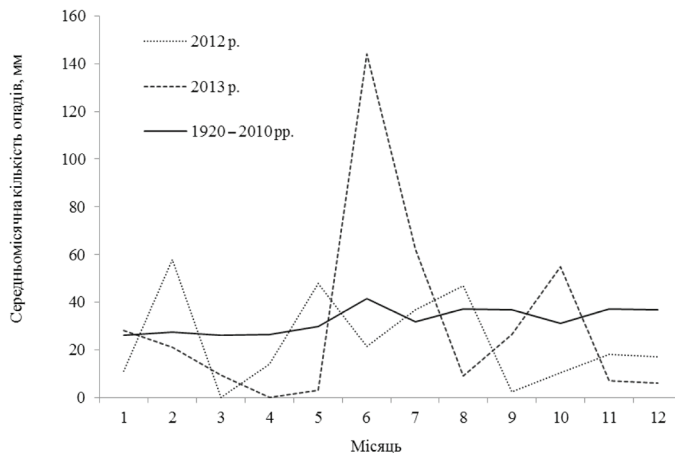


Рис. 1. Середньомісячна кількість опадів у Карадазькому природному заповіднику за 2012, 2013 рр. та середня за період 1920-2010 рр., мм.

2012 рік виявився наближеним до багаторічної динаміки опадів, незважаючи на відносно невелику кількість опадів у липні. Для нього характерна підвищена кількість опадів наприкінці зими, на початку літа і наприкінці осені, що збігається з середніми показниками за 1920-2010 рр. Сумарна кількість опадів у 2012 році становила 285 мм, а в 2013 році – 372 мм.

Аналіз добової динаміки екосистемних потоків Карбону на дослідному стаціонарі в пік вегетації (травень-червень) показав, що NEE, ER і GEP загалом мають різний ступінь варіабельності протягом доби та їм властивий чіткий характер добових змін. Так, значення асиміляції Карбону (GEP) за годину в ранкові й денні години, коли функціональні процеси перетворення енергії в рослинних клітинах відбуваються найактивніше, становлять близько 1/10 (а не 1/24) від фактичних добових потоків CO₂ на контрольних ділянках, і для перерахунку на 24 години не можна просто помножити цей показник на 24, а потрібно враховувати коефіцієнт перерахунку (табл.). З даних, наведених у таблиці, видно, що дихальні процеси найменше варіюють упродовж доби й ранкове вимірювання є найбільш показовим, а коригувальний коефіцієнт наближується до 24.

Таблиця.

Коефіцієнти перерахунку для оцінки добового потоку CO₂ на основі разових вимірювань у ранкові та денні години

Показник	2012		2013	
	Коеф.	Стандартна похибка	Коеф.	Стандартна похибка
Дихання ґрунту	23,5	0,3	23,8	0,2
Дихання екосистеми	20,8	1,0	19,4	0,8
Валова продуктивність	10,3	0,3	9,7	0,04

Розраховані значення сезонної емісії Карбону з ґрунтового середовища за різних значень кількості опадів у 2012-2013 рр. наведено на рис. 2. Залежно від кількості опадів і року, дихання ґрунту варіювало від 76±9 до 356±15 г С·м⁻²·сезон⁻¹. У більшості експериментальних варіантів змін кількості опадів спостерігали збільшення R_{soil}. Найбільші сезонні значення R_{soil} спостерігали на ділянках “+20%” і “+60%”, що відхилялися від контрольних значень на 40-140% у залежності від типу експерименту та року. Найменші значення були на ділянках “-40%” в обох роках. Спостерігається помірна пряма кореляція R_{soil} з кількістю опадів як у 2012, так і в 2013 рр., з коефіцієнтами 0,46 і 0,69, відповідно. Неочікуваним було збільшення R_{soil} на ділянках “-20%” на 13,4% у 2012 та на 40,2% у 2013 році.

Значення ER варіювали від 286±15 до 1162±92 г С·м⁻², залежно від кількості опадів та року (рис. 3). ER у 2012 році було більшим на всіх ділянках, порівняно з 2013 роком.

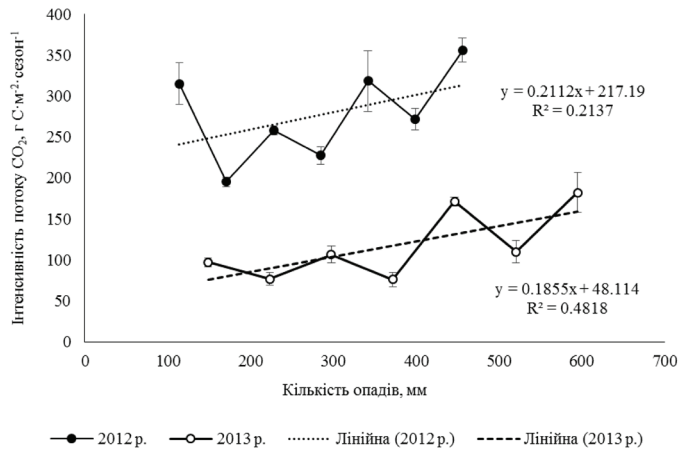


Рис. 2. Розрахункові сезонні (березень-жовтень) значення емісії Карбону з ґрунтового середовища (R_{soil}) за різних значень кількості опадів у 2012-2013 рр. На графіку наведено результати лінійної апроксимації.

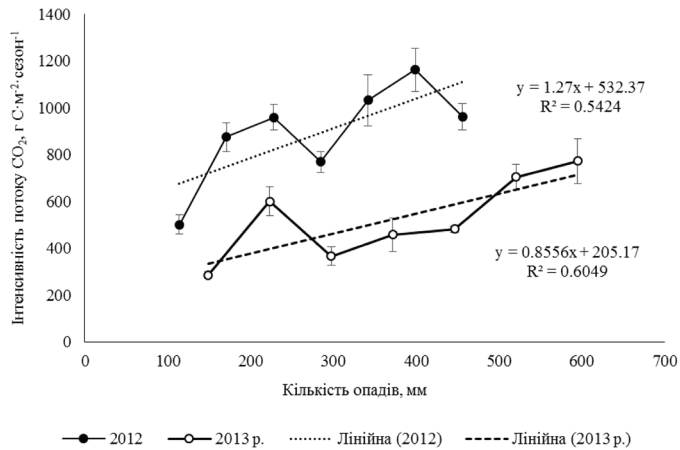


Рис. 3. Розрахункові сезонні (березень-жовтень) значення екосистемного дихання (ER) за різних значень кількості опадів у 2012-2013 рр. На графіку наведено результати лінійної апроксимації.

Як і у випадку R_{soil} , спостерігали значні відхилення значень, зумовлені не кількістю опадів, а іншими факторами, які не враховано в цьому дослідженні. Імовірно, одним з таких факторів є структурно-функціональні характеристики рослинності та ґрунтового середовища на конкретних ділянках, які відпо-

відали різним варіантам експерименту. На фоні цих відхилень спостерігали виражену тенденцію до збільшення інтенсивності ER за збільшення кількості опадів. Відповідні коефіцієнти кореляції становили 0,75 для даних 2012 року, та 0,78 для даних 2013 року, що свідчить про сильну достовірну кореляцію ($p < 0,05$).

Значення GEP варіювали від 101 ± 3 до 607 ± 37 г С·м⁻². Відповідь GEP була найближчою до лінійної (рис. 4): збільшувалася зі збільшенням кількості опадів, крім ділянок “+60%” у 2012 році. У 2012 р. на ділянках “+20%” та “+40%” відбулось збільшення GEP на 15,7% та 36,7% відповідно, тоді як у 2013 р. збільшення становило 11,1% та 20,5%, відповідно. Це можна пояснити нерівномірним режимом опадів у 2013 р. Оскільки збільшення перерв між дощами та їх інтенсивності за однакової середньої кількості опадів призводить до зменшення GEP (Fay et al., 2003), в умовах весняної посухи та літньої перезволоженості ґрунту в 2013 році “додатні” типи експерименту менше впливали на продуктивність, ніж у 2012 р. Спостерігали сильну пряму кореляцію GEP з кількістю опадів, з коефіцієнтами у 2012 та 2013 роках 0,92 та 0,98, відповідно ($p < 0,001$). Таким чином, найбільш залежним від кількості опадів виявився потік Карбону, зумовлений фотосинтезом, що може свідчити про недостатню природну кількість опадів для цього процесу й високу ймовірність підвищення інтенсивності фотосинтезу за збільшення кількості опадів у майбутньому.

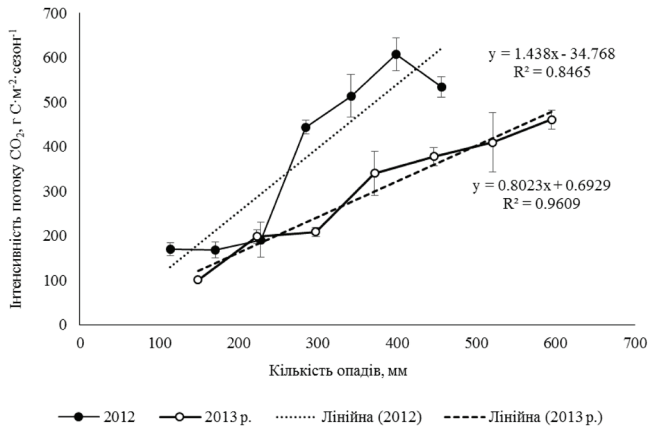


Рис. 4. Розрахункові сезонні (березень-жовтень) значення валової екосистемної продуктивності (GEP) за різних значень кількості опадів у 2012-2013 рр. На графіку наведено результати лінійної апроксимації.

Найбільш вагомим для прогнозування і розуміння загального напрямку потоків Карбону в екосистемі є балансовий сезонний показник NEE. Сезонні значення NEE розраховували попарним відніманням ER та GEP по відповідних ділянках. Отримано виключно додатні значення NEE, які вказують на те,

що в обох роках досліджувані рослинні угруповання слугували джерелом надходження CO_2 в атмосферу. Експериментальні зміни переважно збільшували NEE (рис. 5). Незважаючи на чітку залежність GEP від кількості опадів, значні відхилення у значеннях ER зумовили невизначеність у напрямку змін NEE за зміни кількості опадів.

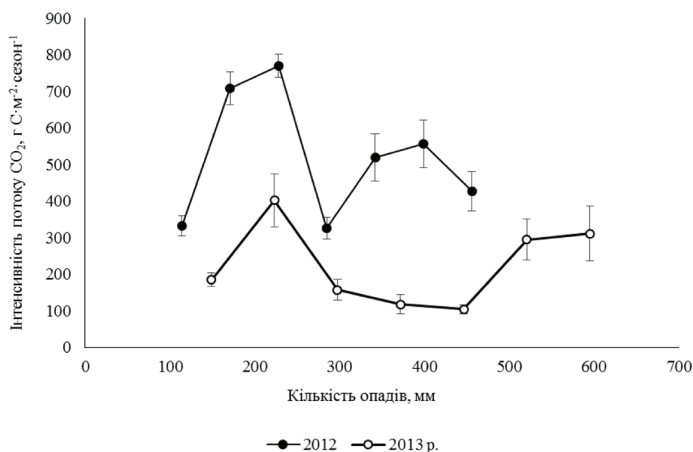


Рис. 5. Розрахункові сезонні (березень-жовтень) значення чистого екосистемного обміну Карбону (NEE) за різних значень кількості опадів у 2012-2013 рр.

Позитивний баланс поглинання та вивільнення Карбону трав'яними ксерофітними екосистемами є можливим у певні проміжки часу; такі випадки спостерігали, наприклад, на степових ділянках (англ. mixed grass) штату Арізона (США) у 1997-2000 рр. (Novick et al., 2004). Причинами переважання вивільнення Карбону над поглинанням можуть бути зависокий вміст органічної речовини у ґрунті, сукцесії та антропогенний вплив (у випадку околиць Карадазької біостанції – це вирубування фісташкових насаджень і заростання ділянки степовою рослинністю), а також зменшений вміст вологи у ґрунті та велика кількість спекотних / бездошових днів протягом року (Novick et al., 2004).

За даними 2012-2013 рр. сформовано узагальнювальну схему сезонних потоків Карбону на контрольних ділянках дослідного стаціонару (рис. 6).

Збільшення часового проміжку між дощами та їх інтенсивності в 2013 році, порівняно з 2012, призвело до зменшення R_{soil} на 67% та ER на 40%. Частка R_{soil}/ER зменшилась від 30% у 2012 р. до 17% у 2013 р., GEP у 2013 р. менше на 25% за 2012 р. Це підтверджує висновки аналогічних досліджень (Gifford, 1994; Fay et al., 2003; Chou et al., 2008; Niu et al., 2008; Bachman et al., 2010) щодо істотного зменшення функціональної активності трав'яних екосистем за умов збільшення інтенсивності опадів та одночасного збільшення проміжків між ними.

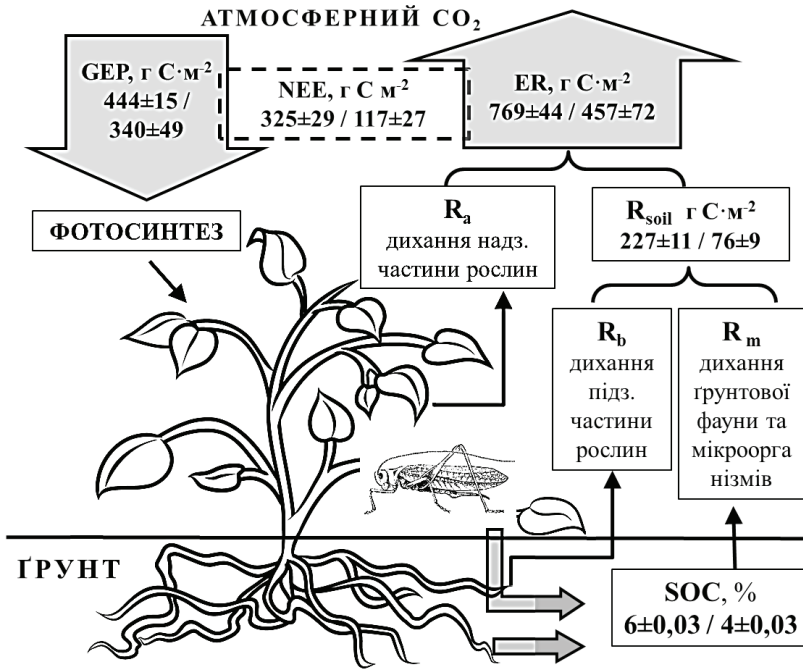


Рис. 6. Схема сезонних (березень-жовтень) потоків Карбону у трав'яних ксерофітних екосистемах дослідного стаціонару Карадазького природного заповідника (за даними 2012-2013 рр. із зазначенням стандартної похибки середнього).

Висновки

1. За всіх варіантів експериментальних змін і в контролі досліджені ксерофітні трав'яні угруповання слугували джерелом надходження CO₂ в атмосферу впродовж вегетаційного періоду у 2012-2013 рр.
2. Розрахункові сезонні (березень-жовтень) значення валової продуктивності екосистеми варіювали в межах від 101±3 до 607±37 г С м⁻²; дихання ґрунту варіювало від 76±9 до 356±15 г С м⁻², а дихання екосистеми – від 286±15 до 1162±92 г С м⁻², залежно від сумарної кількості опадів.
3. Найбільш залежним від кількості опадів виявився потік Карбону, зумовлений фотосинтезом, причому відповідь GEP на зміну кількості опадів була найближчою до лінійної: збільшувалася зі збільшенням кількості опадів, крім ділянок "+60%" у 2012 році. Така залежність може свідчити про недостатню природну кількість опадів для асиміляції Карбону й велику ймовірність підвищення інтенсивності фотосинтезу за збільшення кількості опадів у майбутньому.

4. Сезонні потоки Карбону залежали не тільки від зміни кількості опадів, а й від збільшення часового проміжку між дощами та їхньої інтенсивності. Через посушливу весну та аномальні зливи влітку 2013 року відбулося зменшення інтенсивності процесів асиміляції та вивільнення Карбону екосистемою (зокрема показників дихання ґрунту та екосистеми) порівняно з аналогічним періодом 2012 року, що підтверджує висновки аналогічних досліджень (Gifford, 1994; Fay et al., 2003; Chou et al., 2008; Niu et al., 2008; Bachman et al., 2010).

-
- БЕДЕРНІЧЕК Т.Ю., ГАМКАЛО З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль. – К.: Кондор-Видавництво, 2014. – 180 с.
- БЕЛЯКОВ С.О., ГОФМАН О.П., ХАЛАЇМ О.О., ВИШЕНСЬКА І.Г. Зв'язок чистої первинної продуктивності рослинних угруповань заповідного степу “Асканія-Нова” та сезонних опадів: аналіз багаторічної динаміки показників // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2015. – Том 6(13), № 1. – С. 293-304.
- ДІДУХ Я.П., ВИШЕНСЬКА І.Г., МИРОНОВА Л.П., ЛАПЧЕНКО В.О. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу “Нелінійна реакція степових екосистем України на зміни кількості опадів”. – К: УкрІНТЕІ, 2011. – 50 с.
- КАЧАЛОВА О.Л., НОРЕНКО К.М., ДІДУХ Я.П. Вплив кліматичних факторів на накопичення та розклад надземної рослинної біомаси в степових фітоценозах Карадазького природного заповідника (АР Крим, Україна) // Наукові записки. Біологія та екологія. – 2014. – Т. 158. – С. 78-87.
- ХАЛАЇМ О.О., ВИШЕНСЬКА І.Г. Особливості добової динаміки екосистемних потоків вуглецю степових угруповань південно-східного Криму // Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія. – 2012. – Т. 158. – С. 48-54.
- BACHMAN S., HEISLER-WHITE J.L., PENDALL E. et al. Elevated carbon dioxide alters impacts of precipitation pulses on ecosystem photosynthesis and respiration in a semi-arid grassland // *Oecologia*. – 2010. – Vol. 162. – P. 791-802.
- BAI Y., WANG J., ZHANG B., ZHANG Z., LIANG J. Comparing the impact of cloudiness on carbon dioxide exchange in a grassland and a maize cropland in northwestern China // *Ecol. Res.* – 2012. – Vol. 27. – P. 615-623.
- CHOU W.W., SILVER W.L., JACKSON R.D., TROMPSON A.W., ALLEN-DIAZ B. The sensitivity of annual grassland carbon cycling to the quantity and timing of rainfall // *Global Change Biology*. – 2008. – Vol. 14. – P. 1382-1394.
- FAY P.A., CARLISLE J.D., KNAPP A.K. et al. Productivity responses to altered rainfall patterns in a C4-dominated grassland // *Oecologia*. – 2003. – Vol. 137. – P. 245-251.
- GIFFORD R.M. The global carbon-cycle: A viewpoint on the missing sink // *Australian Journal of Plant Physiology*. – 1994, 21. – P. 1-15.
- ХАЛАЇМ О., ІВАНЬК В. Dynamics of soil organic matter and respiration under altered precipitation in Karadag Nature Reserve in 2012-2013 // Актуальні проблеми ботаніки та екології. Матеріали міжнародної конференції молодих учених (м. Умань, 09-12 вересня 2014р.). – Умань: Вид. “Сочінський”, 2014. – С. 146-147.
- NIU S., WU M., HAN Y., XIA J., LI L., WAN S. Water-mediated responses of ecosystem carbon fluxes to climatic change in a temperate steppe // *New Phytologist*. – 2008. – Vol. 177. – P. 209-219.

- NOVICK K.A., STOY P.C., KATUL G.G. et al. Carbon dioxide and water vapor exchange in a warm temperate grassland // *Oecologia*. – 2004. – Vol. 138. – P. 259-274.
- PATRICK L., CABLE J., POTTS D. et al. Effects of an increase in summer precipitation on leaf, soil, and ecosystem fluxes of CO₂ and H₂O in a sotol grassland in Big Bend National Park, Texas // *Oecologia*. – 2007. – Vol. 151. – P. 704-718.
- STILL C.J., RILEY W.J., BIRAUD S.C. et al. Influence of clouds and diffuse radiation on ecosystem-atmosphere CO₂ and CO¹⁸O exchanges // *J. Geophys. Res.* – 2009. – Vol. 114, G01018. doi: 10.1029/2007JG000675.
- ZHANG B.C., CAO J.J., BAI Y.F., YANG S.J., HU L., NING Z.G. Effects of cloudiness on carbon dioxide exchange over an irrigated maize cropland in northwestern China // *Biogeosciences Discuss.*, 8. – 2011. – P. 1669-1691, doi: 10.5194/bgd-8-1669-2011.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЖИМА ОСАДКОВ НА СЕЗОННЫЕ ПОТОКИ УГЛЕРОДА В КСЕРОФИТНЫХ ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА

А.В. Полищук, А.О. Халаим

В работе представлены результаты расчета сезонных потоков углерода и анализ потенциального влияния изменения количества осадков на эти потоки для травяных экосистем юго-восточного Крыма. В зависимости от суммарного количества осадков, сезонные (март – октябрь) значения валовой продуктивности экосистемы (GEP) варьировали от 101±3 до 607±37 г С м⁻²; дыхание почвы варьировало от 76±9 до 356±15 г С м⁻², а дыхание экосистемы – от 286±15 до 1162±92 г С м⁻². Из-за засушливой весны и аномальных ливней летом 2013 г. интенсивность процессов ассимиляции и высвобождения углерода экосистемой снизилась по сравнению с 2012 г. Реакция GEP на изменения количества осадков характеризовалась прямой линейной зависимостью в определенных пределах.

Ключевые слова: потоки углерода, травяные ксерофитные экосистемы, изменения режима осадков

INFLUENCE OF ALTERED PRECIPITATION ON THE SEASONAL CARBON FLOWS IN DRY GRASSLAND ECOSYSTEMS IN SOUTH-EASTERN CRIMEA

O.V. POLISHCHUK, O.O. KHALAIM

The research is aimed at estimation of the seasonal carbon flows (March-October) and analysis of the potential impact of altered precipitation on these flows in dry grasslands of South-Eastern Crimea. Calculations are based on the field data of CO₂ flows (gross ecosystem productivity (GEP), net ecosystem exchange (NEE), ecosystem respiration (ER), and soil respiration (R_{soil})) measured monthly on the experimental site in 2012-2013. The site consisted of 21 plots (2×2 m) with the system of passive redistribution of rainfall resulting in six types of experiment: increasing the amount of precipitation by 20%, 40%, and 60% and decreasing to the same amount. We carried out each type of the experiment as well as control in threefold repetition. The CO₂ flows have been measured with the CO650 Plant CO₂ Analysis Package (Qubit Systems). Additionally to the monthly measurements, we used the field data on daily CO₂ flows measured in May and June (peak biomass period) on the control plots with 2-hour average sampling frequency. These data allowed us to obtain coefficients for recalculation of the CO₂ amount that the ecosystem releases and absorbs in 08:00 – 12:00 to the daily flows. The calculation of the seasonal CO₂ flows included the estimation of the daily flows in days between measurements by

using linear interpolation and summing all daily flows for all days from 01 March to 31 October.

The results have shown that the dry grassland plots served as CO₂ emission source to the atmosphere during the growing season. Calculated seasonal values of gross ecosystem productivity ranged from 101±3 to 607±37 g C·m⁻². Overall, GEP response to the altered precipitation was linear, increasing with the increase of rainfall amounts (except for “+60%” plots in 2012). The Pearson’s correlation coefficients for GEP vs. PPT in 2012, 2013 were 0.92 and 0.98, correspondingly (p<0.05). Thus, the most dependent on the amount of precipitation was CO₂ flow, based on photosynthetic processes, which points out the role of PPTs as a limiting factor for productivity.

Soil respiration varied from 76±9 to 356±15 g C·m⁻² through all types of experiment, and the ecosystem respiration varied from 286±15 to 1,162±92 g C·m⁻², depending on the total amount of precipitation. Because of the dry spring and summer rainfall anomalies in 2013 compared to the same period of 2012, there was a decrease in the intensity of soil and ecosystem respiration. Soil and ecosystem respiration responded nonlinearly to the experimental changes in rainfall.

Key words: Carbon flows, dry grasslands, altered precipitation

Надійшла 16.03.2016

Прийнята до друку 24.05.2016

ПОЛІЩУК О.В. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, Київ, 01004, Україна; e-mail: mrpolishchuk@gmail.com

POLISHCHUK O.V. Institute of botany by M. Kholodnyj NAS of Ukraine, 2 Tereschenkivska St, Kyiv, 01004, Ukraine; e-mail: mrpolishchuk@gmail.com

ХАЛАЇМ О.О. Національний університет “Києво-Могилянська Академія”, вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04070, Україна; e-mail: alexandra.khalaim@gmail.com

KHALAIM O.O. National University of “Kyiv-Mohyla Academy”, 2, Skovorody St, Kyiv, 04070, Ukraine; e-mail: alexandra.khalaim@gmail.com