

УДК 631.433.5:631.51.01

ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ РИСУ НА ЕМІСІЮ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ З ҐРУНТУ

Сябрук О.П. – к.с.-г.н., науковий співробітник відділу агрохімії,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Дудченко К.В. – к.с.-г.н., завідувач лабораторії гідротехніки,
меліорації та агро меліоративного моніторингу,
Інститут рису Національної академії аграрних наук України

У статті представлено дослід із порівняння емісії вуглекислого газу на систематично затопленому стаціонарі на лучно-каштановому солонцюватому ґрунті та солонці лучному. Емісії під солонцем лучним продемонструвала більші значення на нашу думку саме тому, що ці ґрунти мають дуже низьку природну родючість, що обумовлено насамперед несприятливими агрофізичними і фізико-хімічними властивостями. Надходження органічної речовини з рослинними рештками невисоке за рахунок урожайності, що призводить до активної мінералізації органічних речовин із поверхні ґрунту за рахунок діяльності ґрунтових мікроорганізмів. Другий етап дослідження емісії вуглекислого газу у приповерхневому шарі темно-каштанового солонцюватого ґрунту на рисовій зрошувальній системі (РЗС) та системі крапельного зрошення під соєю довів, що землі, які систематично затоплюються, значно посилюють продукування діоксиду вуглецю з ґрунту. За вирощування обох сільськогосподарських культур, що досліджувалися, спостерігалася обернено пропорційна залежність концентрації вуглекислого газу від денної температури.

Ключові слова: кліматичні зміни, парникові гази, емісія вуглекислоти, вирощування рису, моніторинг.

Сябрук О.П., Дудченко К.В. Влияние выращивания риса на эмиссию углекислого газа из почвы

В статье представлен опыт по сравнению эмиссии углекислого газа на систематически затопленном стационаре на лугово-каштановой солонцеватой почве и солонце луговом. Эмиссия под солонцом луговым продемонстрировала большие значения с нашей точки зрения именно потому, что эти почвы имеют очень низкое естественное плодородие, что обусловлено, прежде всего, неблагоприятными агрофизическими и физико-химическими свойствами. Поступление органического вещества с растительными остатками невысокое за счет урожайности, что приводит к активной минерализации органических веществ с поверхности почвы за счет деятельности почвенных микроорганизмов. Второй этап исследования эмиссии углекислого газа в приповерхностном слое темно-каштановой солонцеватой почвы на рисовой оросительной системе (РОС) и системе капельного орошения под соей доказал, что земли, которые систематически затопливаются, значительно усиливают продуцирование диоксида углерода из почвы. При выращивании обеих сельскохозяйственных культур, которые исследовались, наблюдалась обратно пропорциональная зависимость концентрации углекислого газа от дневной температуры.

Ключевые слова: климатические изменения, парниковые газы, эмиссия углекислота, выращивание риса, мониторинг.

Siabruk O.P., Dudchenko K.V. The influence of rice growing on the emission of carbon dioxide from the soil

The article presents a comparison experiment on carbon dioxide emissions in a systematically flooded field on meadow-chestnut solonetz-like soil and meadow solonetz. Emissions under meadow solonetz showed greater significance, in our opinion, because these soils have very low natural fertility, which is primarily due to unfavorable agrophysical and physico-chemical properties. The entry of organic matter with plant residue is not high, due to yield, which leads to the active mineralization of organic matter from the soil surface due to the activity of soil microorganisms. The second stage of the study of carbon dioxide emissions in the near-surface layer of dark chestnut solonetz-like soil on a rice irrigation system and the system of drip irrigation

under the soya has proven, that the lands that are systematically flooded considerably increase the production of carbon dioxide from the soil. For the cultivation of the two crops under investigation, the inverse proportional dependence of the concentration of carbon dioxide on the daytime temperature was observed.

Key words: climate change, greenhouse gases, carbon dioxide emissions, rice cultivation, monitoring.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток аграрного сільського господарства має базуватися на концепції сталого розвитку, яка охоплює економічні, екологічні та соціальні аспекти, докорінно змінюючи традиційні погляди на сільське господарство. Сільське господарство є основним постачальником ресурсів для забезпечення людства продовольством. Але разом із тим сільське господарство виступає значним джерелом викидів в атмосферу парникових газів – основного чинника глобальних змін клімату. На сільське господарство припадає більше 10% викидів парникових газів, що виробляються в результаті діяльності людини. Спираючись на недавні дослідження, вчені дійшли висновку, що вирощування рису по всьому світу може бути причиною підвищення концентрації небезпечних парникових газів, зокрема метану та оксиду вуглецю, в атмосфері Землі. Вчені виявили, що при підвищеній концентрації вуглекислого газу рисові поля починають продукувати набагато більше метану, ніж в умовах низької концентрації CO₂ і більш низької температури.

Ситуація виглядає ще сумнішою, якщо згадати, що такий «екологічно недружній» рис займає друге місце в світі за обсягами виробництва і споживання. Це основний продукт харчування для мільйонів людей по всьому світу і навряд чи людство відмовиться від його вирощування, незважаючи на те, що на кожен кілограм виробленого рису до кінця століття буде припадати вдвічі більше вуглекислого газу. Рис – одна з основних культур для країн, що розвиваються та потребують все більше продуктів харчування через постійно зростаюче населення. Тому очевидна необхідність регулярного, обґрунтованого та налагодженого моніторингу емісій парникових газів з ґрунтів, на яких вирощується рис. Це дозволить уточнити загальні оцінки внеску цієї культури в атмосферні концентрації парникових газів і можливий їх вплив на клімат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Клімат у світі змінюється швидше, ніж свого часу прогнозували науковці. У кінці 2015 р. на 21-й Конференції сторін Рамкової конвенції ООН про зміну клімату було прийнято Паризьку кліматичну угоду [1], яку від імені України підписали у квітні 2016 р. у Нью-Йорку [2]. Результати досліджень науковців свідчать, що зростання температури на Землі на 2° С порівняно із доіндустріальним періодом матиме небезпечний і непередбачуваний вплив на клімат. Тому завданням Паризького саміту було виробити шляхи обмеження викидів парникових газів, водночас давши можливість країнам економічно розвиватися й надалі забезпечувати підтримку найменш розвинених територій, а також тих, які найбільше потерпають від підвищення температури [3, с. 99].

Діоксид вуглецю (CO₂) – найважливіший антропогенний парниковий газ в атмосфері, його частка в сумарному збільшенні впливу парникових газів на клімат складає 64%. Дослідження, проведене на експериментальних рисових полях FACE з підвищеною концентрацією вуглекислого газу (Японія, дельта річки Янцзи поблизу японського міста Цукуба), пророкує втрати в змісті чотирьох вітамінів – B1, B2, B5 і B9 у зв'язку зі зростанням концентрації вуглекислого газу в атмосфері. Аналізуючи результати подібних експериментів, дослідники також зазначають середнє зниження білка на 10,3%, заліза на 8% і цинку на 5,1%. Таке зниження

Таблиця 1
Основні характеристики орного шару (0–20 см) ґрунтового покриву території Інституту рису НААН

Тип ґрунту	Система, культура	Вміст гумусу, %	Вміст легко-гідролізованого азоту	Вміст фосфору	Вміст калію	pH
Темно-каштановий солонцюватий	РЗС, поле № 1, соя	1,95	54,13	30,30	500,40	7,37
	Кр. зрош., поле № 4, рис	2,35	67,69	38,93	895,20	6,25
	Кр. зрош., 3,2 га, соя	2,15	67,69	45,13	910,80	7,52
Лучно-каштановий солонцюватий	РЗС, поле № 7, рис	1,84	60,36	26,09	446,60	6,77
Солонець лучний	РЗС, поле № 3, рис	1,80	66,58	27,42	525,40	7,64

кількості поживних речовин у рисі може призвести до тяжких наслідків для економічно пов'язаних із виробництвом культури груп населення в Азії [4].

Викиди парникових газів можуть вплинути не тільки на поживність рису, який щодня їдять мільярди громадян, але й істотно підвищити температуру навколишнього середовища. Дослідження на рисових полях в Азії і Північній Америці продемонстрували цікаві результати. Виростаючи в більш теплих умовах, рис робить ці умови ще більш теплими, виділяючи в атмосферу метан та вуглекислий газ [5].

Дослідженнями професора Брюса Гомада з Університету Північної Арізони встановлено, що метан на рисових полях виробляють мікроскопічні організми, які дихають CO_2 . Більша кількість діоксиду вуглецю в атмосфері сприяє більш швидкому зростанню рису, що в свою чергу, покращує обмін речовин мікроорганізмів, які живуть у ґрунті під рисовими полями і виробляють метан, викидаючи його в атмосферу. Таким чином, кількість викидів CH_4 на кілограм врожаю рису буде збільшуватися [6].

Як вже зазначалося вище, збільшення вмісту CO_2 в атмосфері стимулює емісію з ґрунту інших парникових газів, а саме закису азоту і метану. Хоча за вирощування рису концентрація їх в атмосфері на порядки нижче концентрації CO_2 , створюваний ними парниковий ефект у розрахунку на молекулу газу істотно більше: для CH_4 в 25 разів, для N_2O – в 298 разів. Утворення газів у ґрунті і виділення їх в атмосферу у відповідь на зростання вмісту CO_2 – це результат цілого ланцюжка процесів, що послідовно розвиваються [7, с. 214–216].

Постановка завдання. Метою нашої роботи було порівняння емісії CO_2 за вирощування рису на систематично затопленому ґрунті на крапельному зрошуванні. Об'єкт дослідження – денна динамка змін концентрації вуглекислого газу у приповерхневому шарі ґрунтів: темно-каштанового солонцюватого, лучно-каштанового солонцюватого та солонця лучного.

Дослідження проводили на рисовій зрошувальній системі та полігонах краплинного зрошення Інституту рису НААН, Херсонська область, Скадовський район, селище Антонівка. Рисова зрошувальна система площею 190 га. Сівозміна 8-пільна із 50% насиченістю рисом. Ґрунтовий покрив представлено лучно-каштановим середньосуглинковим солонцюватим, солонцем лучним, темно-каштановим

вим солонцюватим типами ґрунтів. На полігонах краплинного зрошення площею 35 га вирощується рис у сівозміні з кукурудзою та соєю. Основні характеристики ґрунтів представлені у таблиці 1.

Враховуючи динамічність такого показника як ґрунтове дихання, у своїх дослідженнях виділення CO_2 з поверхні ґрунту ми надали перевагу методу нестационарних вентиляційних респіраційних камер, у якому використовується портативний засіб інструментального аналізу – газоаналізатору testo 535 [8]. За допомогою надчутливої інфрачервоної зони прилад фіксує показники концентрації вуглекислого газу з ґрунту у відсотках (частках) від його вмісту у приземній частині атмосфери. Оскільки поглинач не має окремого зонду для занурення у ґрунт, то необхідно ізолювати приземний шар повітря, для чого у ґрунт заглиблюється спеціальний ізолятор з отвором для встановлення зонду (респіраційна камера). Інфрачервоний зонд вертикально опускається у отвір та герметично фіксується за допомогою гумового ізолятора. Перед вимірюванням слід видалити всю надземну частину рослин для того, щоб знизити варіабельність показника, що досліджується. Експозиція виміру до 7,5 хв [9, с. 123–128]. Одночасно з вимірами інтенсивності виділення CO_2 проводили виміри температури ґрунту електронним ґрунтовим термометром, приймаючи за середнє арифметичне значення із трьох послідовних вимірів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися на початку серпня 2018 року. Середина літа була обрана як найпоказовіший місяць у вегетаційному періоді для порівняння здатності до продукування CO_2 ґрунтом [10, с. 21].

Виміри проводили протягом дня, три рази у трикратній повторності з подальшим усередненням результатів. Для порівняння було обрано ще одну культуру, яка вирощується на дослідному стаціонарі – сою.

Порівнюючи емісію вуглекислого газу на систематично затопленому стаціонарі ми спостерігаємо істотну різницю між лучно-каштановим солонцюватим ґрунтом та солонцем лучним. Причиною більшої емісії під солонцем лучним, на нашу думку, насамперед є те, що він має дуже низьку природну родючість, що обумовлено насамперед несприятливими агрофізичними і фізико-хімічними властивостями (рис. 1).

Тому надходження органічної речовини з рослинними рештками не високе за рахунок врожайності (у досліджуваному році врожайність на полі № 3, ґрунт – солонець лучний, становила 7,1 т/га проти 7,6 т/га на полі № 7 з лучно-каштановим солонцюватим ґрунтом), що призводить до активної мінералізації органічних речовин із поверхні ґрунту за рахунок діяльності ґрунтових мікроорганізмів. Лучні солонці утворюються в місцях, де ґрунтові води залягають близько, але вони не дуже мінералізовані. Також вони характеризуються нагромадженням сірчано-кислого, вуглекислого натрію та вуглекислого газу.

Достемено відомо, що соя має позитивний вплив на мікро- і макрофлору, фауну ґрунту. Можливо, це пов'язано із типом кореневої системи, яка забезпечує хорошу аерацію ризосфери, а також із додаванням біомаси, що підвищує вміст органічних речовин та створює умови для посилення біологічної активності ґрунту.

Вирощування сої здійснює позитивний вплив на ґрунти – розгалужена коренева система та значний об'єм поживних залишків (2т/га урожай сої залишає в ґрунті 2т/га кореневої маси та 1 т біомаси у вигляді опалого листя) покращують фізичні властивості та підвищують вміст гумусу і макроелементів. Накопичення азоту за рахунок фіксації вищезазначеного елемента з атмосфери сприяє збільшення його вмісту в ґрунті. [11, с. 643].

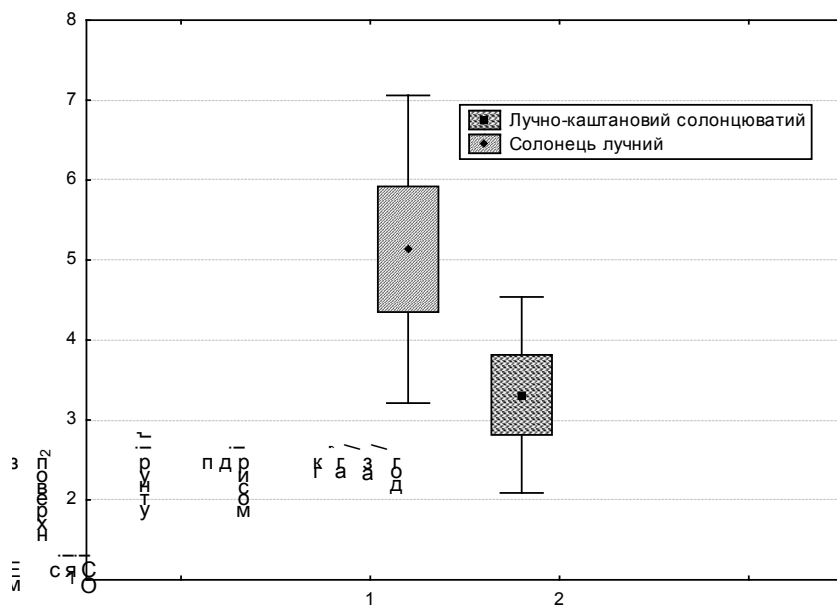


Рис. 1. Концентрація вуглекислого газу у приповерхневому шарі ґрунту під рисом на РЗС, кг/га за годину

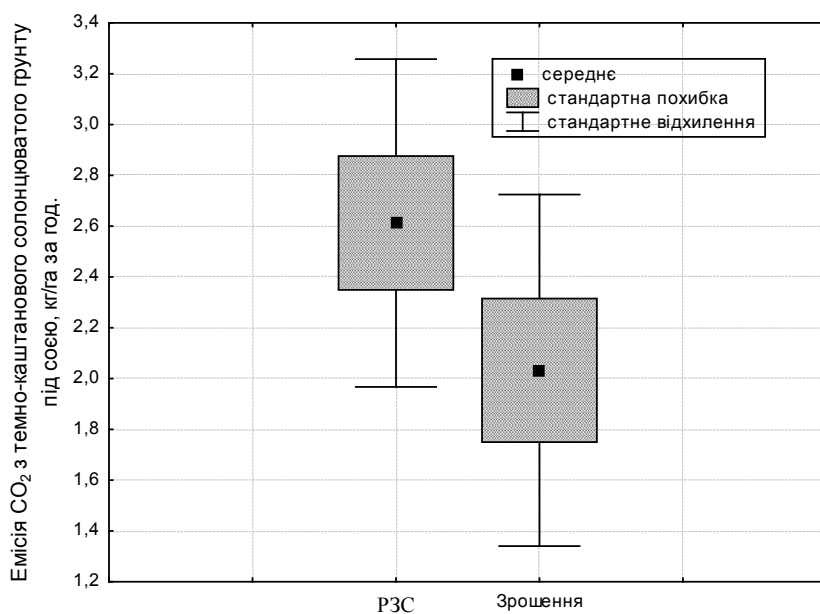


Рис. 2. Концентрація вуглекислого газу у приповерхневому шарі темно-каштанового солонцюватого ґрунту на РЗС та системі крапельного зрошення під соєю, кг/га за годину

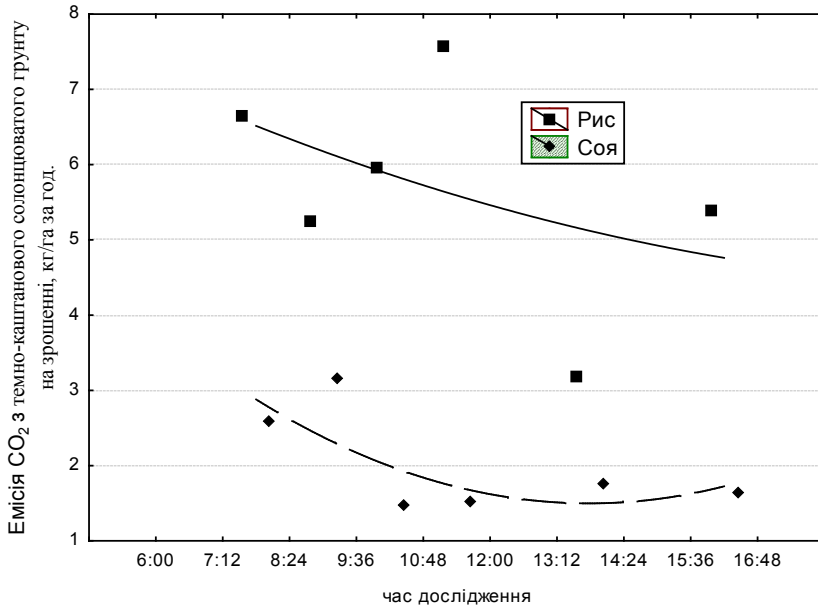


Рис. 3. Денна динаміка емісії вуглекислого газу з темно-каштанового солонцюватого ґрунту на системі крапельного зрошення, кг/га за годину, 16.08.2018 року

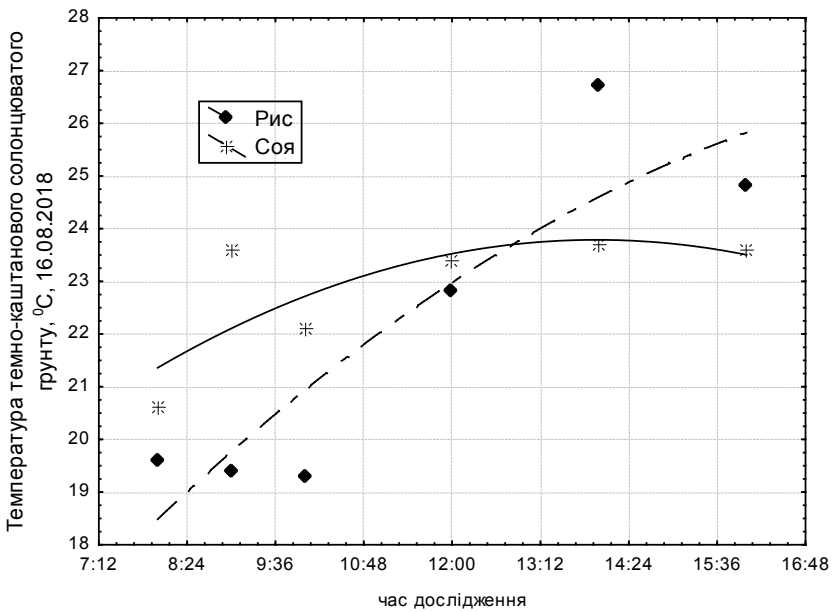


Рис. 4. Денна динаміка температури орного шару темно-каштанового солонцюватого ґрунту на системі крапельного зрошення, °C, 16.08.2018 року

Дослідження емісії вуглекислого газу у приповерхневому шарі темно-каштанового солонцюватого ґрунту на РЗС та системі крапельного зрошення під соєю довели, що землі, які систематично затоплюються, значно посилюють продукування діоксиду вуглецю з ґрунту. Тим самим, спираючись на дослідження останніх років, прямо пропорційно зростають і викиди метану в атмосферу [6].

Кількість CO_2 , що надходить із ґрунту, визначається як біологічними чинниками (темпом росту та розвитку рослин і мікроорганізмів, диханням коренів), так і фізичними умовами навколишнього середовища (температура та вологість повітря і ґрунту та іншими). У зв'язку з цим емісія CO_2 із поверхні ґрунту має досить чітку денну динаміку. Вплив вологості і температури ґрунту позначається як на фізичних параметрах ґрунту (вмісті повітря, повітропроникності, швидкості дифузії газів), так і на інтенсивності біологічних процесів, які протікають у ньому. Отже, супутні спостереження за температурою ґрунту ілюструють залежність інтенсивності продукування CO_2 від цього фізичного фактору.

За вирощування обох сільськогосподарських культур, що досліджувалися, спостерігалася обернено пропорційна залежність концентрації вуглекислого газу від денної температури. Високі температурні показники не сприяли посиленому витоку вуглекислоти. Соя має більш розвинену листову масу та щільніше захищає поверхню ґрунту від надмірного прогрівання. На противагу їй площа листової поверхні рису у фазі викидання волоті коливається лише в межах 49,2–65,0 тис. $\text{м}^2/\text{га}$.

У зв'язку зі значною денною варіабельністю показників дихання актуально проводити спостереження 3–5 разів на день, з наступним усередненням результату. Порівняння результатів вимірювань, отриманих впродовж дня, показує, що діапазон коливань виділення CO_2 з поверхні може становити $\pm 15\%$, причому зниження активізації дихання спостерігалася після полуденні години (див. рис. 3).

Висновки і пропозиції.

1. Встановлено, що причиною більшої емісії під солонцем лучним найвірогідніше є те, що цей ґрунт має дуже низьку природну родючість, тому надходження органічної речовини з рослинними рештками не високе, що і призводить до активної мінералізації органічних речовин із поверхні ґрунту.

2. Дослідження емісії вуглекислого газу у приповерхневому шарі темно-каштанового солонцюватого ґрунту на рисовій зрошувальній системі (РЗС) та системі крапельного зрошення під соєю довели, що землі, які систематично затоплюються, значно посилюють продукування діоксиду вуглецю з ґрунту.

3. Отримані результати свідчать, що високі температурні показники не сприяють посиленому витоку вуглекислоти. За вирощування обох сільськогосподарських культур спостерігалася обернено пропорційна залежність концентрації вуглекислого газу від денної температури. Діапазон коливань виділення CO_2 з поверхні може становити $\pm 15\%$, причому зниження активізації дихання спостерігалася у після полуденні години.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Paris agreement. Retrieved. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon0.rada.gov.ua>.
 2. The Law of Ukraine “On ratification of the Paris agreement”. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon3.rada.gov.ua>.
 3. Прокопенко К.О., Удова Л.О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 92–107.
 4. SCIENCE NEWS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.sciencenews.org>.
 5. ASP. Alpha Galileo Foundation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.americansecurityproject.org>.
 6. Рис ускорит глобальное потепление. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://yanchikov.livejournal.com/13910.html>.
 7. Kees Jan van Groenigen, Craig W. Osenberg, Bruce A. Hungate. Increased soil emissions of potent greenhouse gases under increased atmospheric CO₂. *Nature*. 2011. V. 475. P. 214–216.
 8. Портативные газоанализаторы для мониторинга CO₂ в воздухе. [Електронний ресурс]. Режим доступу : www.testo.kiev.ua.
 9. Сябрук О.П. Удосконалення інструментального методу контролю емісії CO₂ з поверхні ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. № 84. С. 123–128.
 10. Сябрук О.П. Вплив природних та антропогенних чинників на динаміку емісії CO₂ з чорноземів в умовах Лівобережного Лісостепу України : автореферат дисертації на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: [спец.] 06.01.03. «Агроґрунтознавство і агрофізика» / Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Харків, 2016. 24 с.
 11. Гурикбал Сингх. Соя: биология, производство, использование / ред. Д.С. Шляхтуров; пер.: Н.О. Лавсовская. *Киев : Зерно*, 2014. 656 с.
-