

2 зразки змогли прорости: на ґрунті зібраного біля автозаправки та ґрунті зібраному на незабрудненій городній землі сільської місцевості.

Результати даного дослідження показали, що ґрунт біля автозаправки виявився найродючішим у досліді через велику кількість органічних решток тваринного та рослинного походження, сприяючи швидшому росту рослин. Піщаний ґрунт у змішаному лісі, дозволив кропу та крес-салату прорости, хоча рослини потребували частішого поливу через високу водопроникність. Територія біля лісу, на лісостеповій місцевості, виявилася не родючою через бідність на поживні речовини та проблеми з водопроникністю, спричинені високим вмістом глини. Проби розглянутого матеріалу з городу були родючими, завдяки обробці перегноем та високому вмісту поживних речовин. Ґрунт зі садка, де ростуть квіти, дав урожай паростків крес-салату та кропу, незважаючи на виснаженість ґрунту. Земля з поля, де вирощуються зернові культури, виявилася не продуктивною через виснаженість і хімічне забруднення, внаслідок вирощування цієї культури протягом довгого часу.

Висновок даного досліді підкреслює важливість ретельного вивчення ґрунтових властивостей для досягнення успішних сільськогосподарських результатів. Виявлено, що різноманітність родючості ґрунтів значно впливає на здатність рослин рости та формувати врожаї. Органічні рештки та правильне використання добрив можуть значно підвищити родючість ґрунту. У той же час, вплив шкідливих факторів, таких як хімічні речовини для прискорення росту рослин та для боротьби зі шкідниками, може спричинити виснаження ґрунту та зменшення його продуктивності. Такий аналіз може бути корисним для вдосконалення методів сільськогосподарського виробництва та забезпечення стійкості та стабільності в сільському господарстві.

## **МЕТОДИ СЕКВЕСТРАЦІЇ ВУГЛЕЦЮ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ**

О.С. Чалая

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна  
доцент кафедри екології та біотехнологій у рослинництві,  
[chalaya\\_olya@btu.kharkov.ua](mailto:chalaya_olya@btu.kharkov.ua)

Однією з глобальних проблем людства є кліматичні зміни, причиною яких є нарощування парникового ефекту атмосфери Землі, за рахунок збільшення емісій парникових газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та  $\text{N}_2\text{O}$ ). Серед них найбільшу роль у цьому процесі відводять саме вуглекислому газу, інші гази відповідальні за цей процес тільки на 1/3. Природні викиди вуглецю становлять  $7 \times 10^{10}$  т/рік, техногенні викиди на сьогодні дорівнюють природнім і постійно зростають. За даними вчених на початку 21 століття збільшення концентрації вуглекислого газу у атмосфері почало пригнічувати ріст рослин і такий негативний вплив буде тільки зростати у майбутньому. Це негативно позначиться на стані наземних екосистем та їх здатності стримувати зміни клімату та пом'якшувати їх наслідки. Тож метою людства на сьогодні є зниження емісій парникових газів в умовах збільшення світового виробництва та енергоспоживання. Поряд із необхідністю скорочення викидів парникових газів у атмосферу, розробляються і нові технології виймання із неї вуглекислого газу [1, 3].

Процес вловлювання та зберігання вуглецю у його поглиначах (рослини, ґрунт, океан, геологічні утворення) називають секвестрацією. Слід розрізняти поняття ґрунтової секвестрації та депонування вуглецю у ґрунті. Депонування органічного вуглецю ґрунтом – це довготривале його запасання переважно у вигляді гумусу з періодом повного його розкладання (мініралізації) складових його компонентів або захоронення неживої органічної речовини у ґрунтовому профілі. Якщо ґрунтова секвестрація вуглецю обов'язково обумовлює видалення  $\text{CO}_2$  з атмосфери за рахунок отримання нової біомаси, то депонування

направлене на попередження швидкого повернення  $C_{\text{орг}}$  з ґрунту в атмосферу. Розумне поєднання цих двох процесів є шляхом ефективного рішення трьох агроекологічних задач: підвищення та збереження гумусу в ґрунті, збільшення врожайності сільськогосподарських культур та скорочення емісії вуглекислого газу в атмосферу.

Найбільша роль у цьому процесі відводиться ґрунтово-рослинним екосистемам. Ґрунти є основними поглиначами вуглецю і їм належить переважна роль у секвестрації  $\text{CO}_2$  атмосфери. Однак, внаслідок потепління клімату, дефляції, спустелювання та знеліснення ґрунтів, що призводять до втрати гумусового шару, емісія парникових газів тільки зростає, бо ґрунти в такому випадку не зв'язують вуглець, а навпаки стають джерелом його надходження у атмосферу [4].

Однією із важливих технік секвестрації вуглецю є лісовідновлення. Лісова рослинність під час фотосинтезу захоплює велику кількість  $\text{CO}_2$ , який зберігається у деревній біомасі та скорочує викиди парникових газів із ґрунту. Система лісорозведення здатна поглинати біля 7 тонн вуглецю на гектар на рік.

Зміна методів землекористування, а саме перехід на ґрунтозахисне та ресурсозберігаюче землеробство дозволяє секвеструвати вуглець у ґрунт в об'ємі біля 10 т на 1 га на рік.

До агротехнічних прийомів, що дозволяють підвищити рівень секвестрації вуглецю відносять:

1. Внесення різноманітних органічних добавок (гній, компости, біовугілля).
2. Технології мінімального обробітку ґрунту (no-till).
3. Інтенсифікація сівозміни та виключення літніх парів.
4. Вирощування покривних культур, сидератів.
5. Використання культур, які залишають велику кількість залишків (пшениця, кукурудза).
6. Використання покращених гібридів та сортів сільськогосподарських культур, які краще зберігають вуглець.

При застосуванні технології мінімального обробітку ґрунту змінюється ґрунтовий профіль внаслідок накопичення у верхніх шарах великої кількості рослинних залишків. Це в свою чергу зменшує поверхневий випар та збільшує запаси вологи у ґрунті, знижує його температуру. Технологія нульового обробітку ґрунту дозволяє секвеструвати від 0,1 до 1,0 т  $\text{C}/\text{га}/\text{рік}$  [4].

Досить перспективним прийомом секвестрації атмосферного  $\text{CO}_2$  є введення сівозміни із включенням покривних культур. Цей прийом дозволив би збільшити кількість органічного вуглецю у ґрунтах на 0,16 млн т  $\text{C}/\text{рік}$ , що аналогічно 1–2 % поточних викидів від спалювання корисних копалин.

Застосування органічних добрив сприяє секвестрації вуглецю через покращення стану ґрунтів, попередження деградаційних процесів, збільшення біорізноманіття мікроорганізмів та підтримки їх життєдіяльності. Однак цей метод відносять до короточасного типу секвестрації органічної речовини, який не забезпечує довготривалого утримання вуглецю. Це пояснюється тим, що органічні добрива підвищують енергетичний статус ґрунтів, сприяють соокисленню та детоксикації великої кількості забруднюючих речовин, стимулюють дихальні процеси ґрунту внаслідок чого збільшується емісія вуглекислого газу.

Збільшення повернення у ґрунт пожнивних залишків та кореневої маси також сприяють процесу секвестрації органічного вуглецю ґрунтом. При цьому розміри секвестрації залежать від внесення у ґрунт мінеральних добрив, з обов'язковим включенням азотних добрив. Внесення у ґрунт органічних матеріалів викликає активізацію гетеротрофної мікрофлори з гострою потребою у доступних формах азоту. Дефіцит засвоюваного азоту у ґрунті викликає інтенсивне розкладання соломи із втратою  $\text{CO}_2$ . У досліджах було встановлено, що накопичення ґрунтом вуглецю було більшим у випадку, коли до соломи додавали мінеральні добрива з участю азоту та фосфору. Додавання калію, не мало переваг, оскільки солома значно збагачена на калій [4].

Ефективне управління азотними добривами дозволяє утримати до 2,0 т С/га/рік, використання бобових культур замість азотних добрив – до 3,0 т С/га/рік, оптимізація структури посівних площ, відмова від парів та використання мікробіологічних препаратів – до 2,0 т С/га/рік.

Землі різного призначення та у різних фізико-географічних умовах проявляють різні можливості депонування вуглецю. Так за даними відомого вченого R. Lal, найефективніше депонування вуглецю відбувається у лісах, лісосмугах, міських землях при правильному екологічному впорядкуванні, торф'яниках, водно-болотних та лісопасовищних угіддях [2].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Unlocking the Potential of Soil Organic Carbon — Outcome Document of the Global Symposium on Soil Organic Carbon, 21 –23 March 2017. Rome: FAO, 2017: 36 p.
2. Ачасов А. Депонування вуглецю ґрунтами під різним типом землекористування / Природоохоронні рішення: електронний ресурс Режим доступу: [<https://nbs.wwf.ua/deponuvannia-vuhletsiu-gruntamy-pid-riznym-typtom-zemlekorystuvannia/>]
3. Балюк С.А., Медведєв В.В., Кучер А.В. та ін. // Вісник аграрної науки. 2017: 12–18.
4. Кудеяров Н. // Успіхи сучасної біології. 2022. 142(6): 545–559.

#### **ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ З ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ**

Л.П. Ющенко<sup>1</sup>, О.В. Папроцький<sup>2</sup>

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Київ, Україна  
<sup>1</sup>к.с.-г.н., доцент, ludmilass@ukr.net, <sup>2</sup>магістр

Паперова промисловість постала в Україні на початку 16 ст., у другій половині 19 ст. розвинулося машинне виробництво паперу. Продукція паперу і картону становила на початку 20 ст. понад 38000 т на рік. Натомість целюозна промисловість постала в Україні на початку 20 ст. і розвивалася дуже повільно, в 1940 році – 2,8 тис. т, в 1965 році – 76,3 тис. т [4].

Головні центри целюозно-паперової промисловості розташовані в Житомирській, Хмельницькій, Львівській, Закарпатській, Київській та Чернігівській областях. Серед найбільших підприємств слід назвати Жидачівський картонно-паперовий комбінат (Львівська область), Малинську (Житомирська область) і Дніпропетровську паперові фабрики, Ізмаїльський целюозно-картонний комбінат (Одеська область), Херсонський целюозно-паперовий комбінат, Львівську й Рахівську (Закарпатська область) картонні фабрики, Київський картонно-паперовий комбінат, паперову фабрику в Понінці (Хмельницька область) [2, 4].

Вторинна сировина – це матеріали і вироби, що їх після первісного повного використання (зношування) можна вживати у виробництві повторно як сировину.

Макулатура – вторинне рослинне волокно, яке є одним з основних джерел целюозовмісної сировини для виробництва паперу і картону. Використання макулатури забезпечує утилізацію використаних целюозних виробів, економію деревини, а також скорочення витрат енергії на виробництво паперу й картону.

Макулатуру можна переробляти 6–8 разів, так як вона має один з найвищих ступенів переробки. Найактивнішою за показником «переробка макулатури» країною є США. Тут переробляється 60 % паперових відходів на нові товари. США придумали свій спосіб