

## РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

УДК 631.433.5

### УДОСКОНАЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЕМІСІЇ CO<sub>2</sub> З ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ<sup>1</sup>

О.П. Сябрук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків  
(*blakhart.Liss@yandex.ua*)

У статті описано результати польових досліджень на чорноземі опідзоленому з метою удосконалення елементів методики оперативного контролю продукування CO<sub>2</sub> з ґрунту. Застосовували портативний інфрачервоний газоаналізатор з набором ізольованих камер з різними об'ємами, висотами та робочими поверхнями. Крім того, досліджували також вплив різного терміну експозиції на концентрацію та динаміку накопичення CO<sub>2</sub> у приземному шарі повітря. За результатами вимірювань дійшли висновку, що оптимальними умовами для польового визначення емісії вуглекислого газу із ґрунту в посівах сільськогосподарських культур є такі: 15-ти хвилинна експозиція і робоча камера із середнім об'ємом 2-3 дм<sup>3</sup> та вертикальним закріпленням інфрачервоного зонду на відстані 1,5-2 см від поверхні ґрунту. Доведено також, що сільськогосподарська культура майже на третину визначає сукупну варіабельність концентрації CO<sub>2</sub>.

**Ключові слова:** продукування вуглекислого газу, портативний газоаналізатор, методи оперативної діагностики стану ґрунту, стереометричні показники, кореневе дихання.

**Вступ.** Моніторинг стану довкілля є важливими напрямом сучасної науки у зв'язку із дедалі зростаючою небезпекою техногенних катастроф, глобальних кліматичних змін та інших негативних чинників, що порушують природну рівновагу і стабільність функціонування екосистем планети. Від своєчасності отримання моніторингової інформації, правильності та об'єктивності її оцінки багато в чому залежать оперативність і ефективність дій, що попереджують розвиток екологічних криз і катастроф та забезпечують їх локалізацію [1].

На сьогодні, незважаючи на доступність різноманітних систем, що дозволяють оцінити емісію CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунту за допомогою (одно- і багатоканальних) інфрачервоних аналізаторів, навіть у таких розвинених сільськогосподарських країнах як Австралія, дуже популярними лишаються адсорбційні методи [2]. Традиційно, для оцінки інтенсивності дихання ґрунту, як адсорбент діоксиду карбону, використовують розчини KOH, NaOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, які поміщають у хімічні склянки чи фарфорові чашки для випарювання й встановлюють на поверхню ґрунту під камерою. Такий методичний підхід має ряд істотних недоліків. Насамперед, використовується велика кількість реактивів, що в польових умовах лімітує кількість повторностей чи варіантів досліду. По-друге, значна активна поверхня сорбенту призводить до формування ефекту "лужного насосу" й переоцінювання (*overestimation*) істинних параметрів дихання ґрунту на 25-40 %. Третім значним недоліком є необхідність негайного титрування зразка, вилученого з камери, що складно зробити у нічний час (у разі визначення добової динаміки дихання ґрунту).

У зв'язку з великими працевитратами та недосконалістю апробованих нами польових методів вимірювання метою роботи було дослідити перспективний, на наш погляд, інструментальний метод моніторингу емісії вуглекислого газу з ґрунту за допомогою портативного газоаналізатора *Testo 535*.

**Об'єкти і методи досліджень.** Майданчики для дослідження емісії CO<sub>2</sub> із ґрунту під різними сільськогосподарськими культурами за допомогою портативного

<sup>1</sup> Науковий керівник – доктор біол. наук М.М. Мірошніченко

газоаналізатора *Testo 535* (з інфрачервоним зондом) було закладено на Коротичанському дослідному полі (нині Граківське) у квітні 2012 року. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесоподібному суглинку. В орному шарі ґрунту міститься: гумусу (за методом Тюріна) 4,1%; азоту, що легко гідролізується – 50,7 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору (за методом Чирікова) – 110,9 мг/кг ґрунту; рухомого калію (за методом Чирікова) – 90 мг/кг ґрунту. У складі поглинених катіонів переважають кальцій (85%) та магній (13%). За кількістю рухомих поживних речовин цей ґрунт належить до групи ґрунтів з підвищеним вмістом фосфору, середнім вмістом калію та високим вмістом азоту.

**Аналіз результатів досліджень.** Портативний газоаналізатор *Testo 535* – це високоточний прилад для вимірювання концентрації  $CO_2$  в повітрі робочої зони та в ізольованому просторі. До переваг цього приладу можна віднести такі: можливість моніторингу із фіксацією максимального, мінімального і середнього значень; висока стабільність двоканального інфрачервоного сенсора, що дозволяє проводити тривалі виміри; висока точність вимірів; непотрібність повторного калібрування [3].

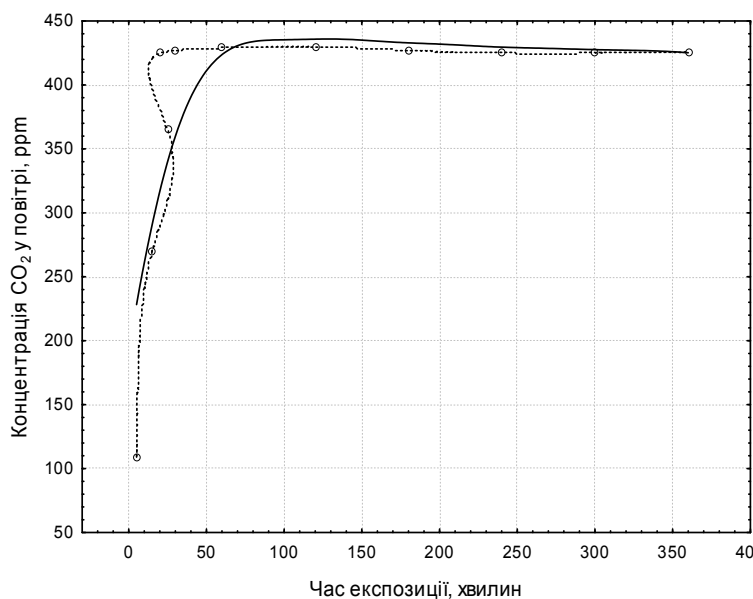
На жаль, інфрачервоний газоаналізатор  $CO_2$  призначено для оперативних вимірювань вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері замкнутого простору і він не має ґрунтового зонду. Тому для встановлення інтенсивності процесу продукування  $CO_2$  з ґрунту в польових умовах ми розробили допоміжну методику. Для ізолювання повітря приґрунтового атмосферного шару у ґрунт заглиблюється пластиковий ковпак з отвором для встановлення зонду. Інфрачервоний зонд вертикально опускається в отвір та герметично фіксується за допомогою гумового ізолятора. Порядок роботи на приладі складається з послідовності таких операцій – включення і прогрівання протягом 1-2 хв., вибір за допомогою відповідної клавіші одного з видів вимірювання концентрації газів (за часом експозиції; за повторюваністю; максимальний та мінімальний показники впродовж обраного часу експозиції) та, після відліку часу, – зчитування показань з дисплея приладу.

Для досягнення кращої відтворюваності результатів було проведено експериментальні дослідження декількох проблемних аспектів. Унаслідок обмеження об'єму повітря над ґрунтом поступово порушується рівновага між газовим складом повітря ґрунтового та повітря у просторі під ковпаком. Згідно із принципом ЛеШательє-Брауна, будь яка зовнішня дія, що виводить систему із стану рівноваги, викликає у ній процеси, спрямовані на послаблення ефекту впливу. У нашому випадку накопичення  $CO_2$  у повітрі над ґрунтом (під ковпаком) не може продовжуватися нескінченно, тому поступово має відбуватися зменшення емісії  $CO_2$  через послаблення дифузії з порового простору, а згодом – і зменшення інтенсивності дихання біологічних об'єктів. Цього ефекту можна уникнути двома способами: відкачуванням повітря або проведенням вимірювань концентрації вуглекислого газу в той період, коли зміна рівноваги газового складу через обмеження простору ще не є істотною. У польових умовах спосіб з відкачуванням повітря не завжди є прийнятним, його застосовують переважно у стаціонарних спостереженнях. Тому ми обрали другий спосіб та провели серію експериментальних досліджень.

Дослідження із відпрацювання елементів методики вимірювання емісії вуглекислого газу проводили у польових умовах на чорноземі опідзоленому, де одночасно також контролювали температуру та вологість ґрунту (з метою підтвердження ідентичності умов проведення експериментів).

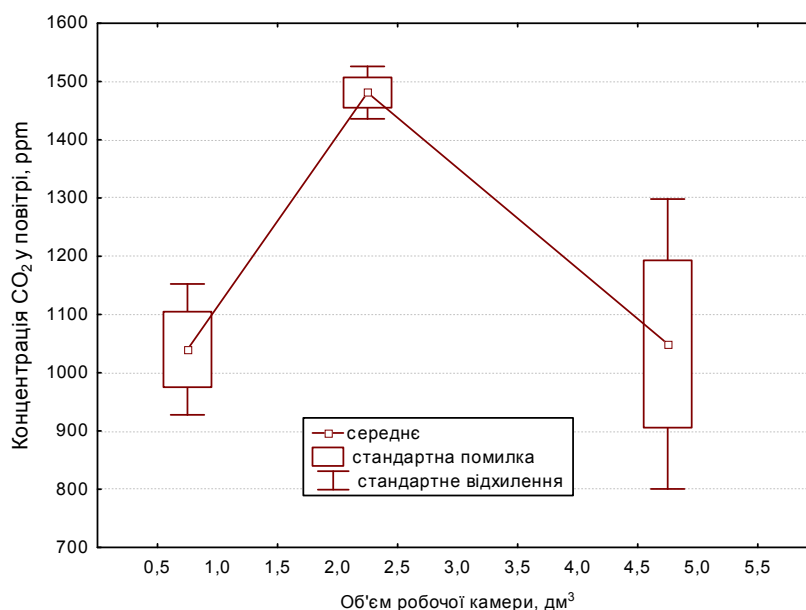
*Першим із досліджуваних факторів був термін експозиції.* Час експозиції варіював від 5 хвилин до 6 годин. Результати спостережень, наведені на рис. 1, свідчать, що урівноваження концентрації  $CO_2$  у повітрі у замкнутому об'ємі робочої камери над ґрунтом настає досить швидко, і вже після 15-20 хвилин концентрація  $CO_2$  не змінюється. Тому, на нашу думку, оптимальною експозицією вимірювань за

допомогою інфрачервоного газоаналізатора є 15 хвилин, що дає можливість достатньо оперативно отримувати унормовану характеристику виділення ґрунтом вуглекислого газу.



**Рис. 1.** Динаміка змін концентрації  $\text{CO}_2$  у замкненому повітрі над ґрунтом (суцільна лінія – інтерполяція методом зворотного зважування відстані (IDW – Inverse Distance Weighted))

Другий досліджуваний фактор – об'єм робочої камери. Для оперативності, точності та чутливості вимірювань інтенсивності виділення  $\text{CO}_2$  з ґрунту за допомогою інфрачервоного аналізатора важливими є стереометричні умови, які визначають співвідношення між площею поверхні, з якої виділяється вуглекислий газ, та об'ємом повітря над нею. Зрозуміло, що це співвідношення визначатиме як швидкість досягнення рівноважного стану, так і сталість показань приладу. З метою встановлення найкращих стереометричних параметрів робочої камери було проведено порівнювальний експеримент з трьома варіантами об'єму:  $1,0 \text{ дм}^3$ ,  $2,5 \text{ дм}^3$  та  $5,0 \text{ дм}^3$ . Краї робочої камери заглиблювали у ґрунт на однакову глибину, і термін експозиції був однаковим – 3,5 хвилин. Статистично опрацьовані результати експерименту, наведені на рис. 2., показують, що найкращим об'ємом робочої камери можна вважати  $2,5 \text{ дм}^3$ , за якого констатовано найвищу концентрацію та найкращі умови точності вимірювань.

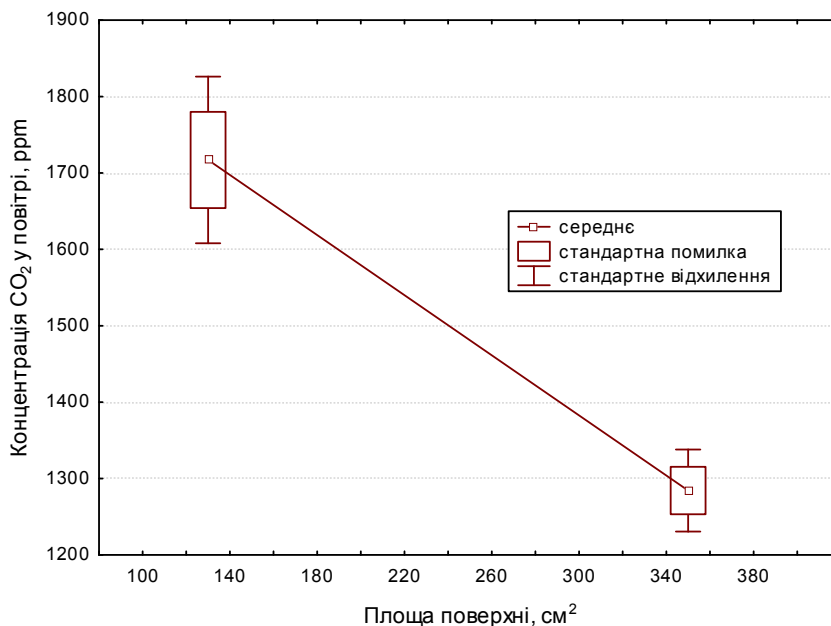


**Рис. 2.** Вплив об'єму робочої камери на накопичення  $\text{CO}_2$  у повітрі

Великий розмір похибки вимірювань та менші значення концентрації за об'єму 5 дм<sup>3</sup> ймовірно пов'язані з надто високим повітряним стовпом над поверхнею ґрунту в камері, унаслідок чого без перемішування повітря може відбуватися його диференціація (як відомо, більш важкий вуглекислий газ накопичується насамперед у приземному шарі).

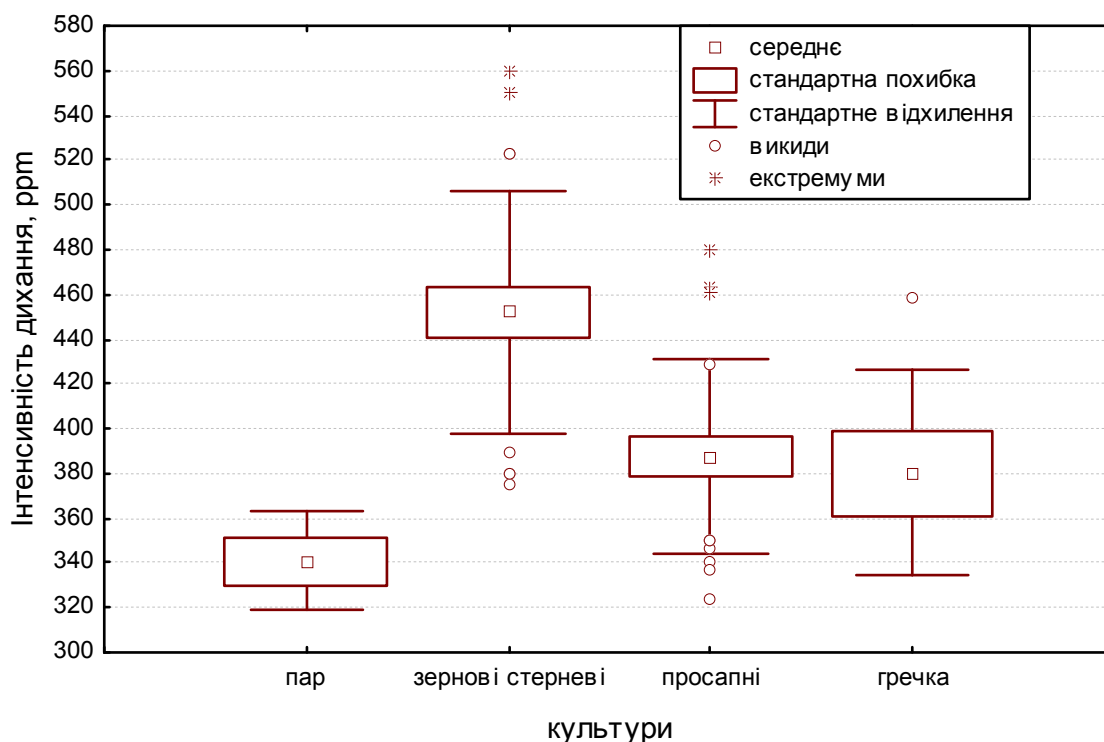
За надто малого об'єму – 1,0 дм<sup>3</sup>, навпаки, причину меншої концентрації та більшої похибки ми пов'язуємо із незадовільним співвідношенням ізольованого повітря та того, що знаходиться на межі ізолятора. У зв'язку з цим, для з'ясування питання щодо доцільності збільшення площі поверхні за рахунок висоти робочої камери, було проведено третій експеримент.

*Третій досліджуваний фактор – форма і розміри робочої камери.* Дві робочі камери однакового об'єму – 2,5 дм<sup>3</sup> було встановлено так, щоб мати два варіанти співвідношення висоти камери та площі поверхні ґрунту. Вимірювання проводили за скороченою експозицією – 3,5 хв., висота закріплення зонду – 1,5 см над поверхнею ґрунту, площа контрольованої поверхні ґрунту 130 і 330 см<sup>2</sup>. Але за збільшення площі поверхні до 330 см<sup>2</sup> зонд доводилось розміщувати горизонтально (через зменшення висоти камери). Результати вимірювань, наведені на рис. 3. свідчать про перевагу більш близької до кубоподібної форми камери з площею поверхні 133 см<sup>2</sup> та вертикальним розташуванням зонду.



**Рис. 3.** Вплив площі поверхні ґрунту в робочій камері на концентрацію CO<sub>2</sub> у повітрі

За результатами досліджень розроблено методику виконання вимірювань, яку у подальшому було апробовано на об'єктах дослідної мережі та моніторингу ґрунтів у Харківській області. Протягом 2012-14 рр. на дослідному стаціонарі проводили періодичні спостереження за динамікою інтенсивності дихання за допомогою портативного приладу Testo 535. Результати цих спостережень показують, що сільськогосподарська культура майже на третину визначає сукупну варіабельність концентрації CO<sub>2</sub> у шарі повітря над ґрунтом. Порівняно із ґрунтом, що не зайнятий рослинністю та знаходиться під паром, виділення CO<sub>2</sub> на посівах злакових стернових культур збільшується найбільшою мірою (рис. 4.). Згідно з експериментальними даними можна умовно прийняти, що за рахунок кореневого дихання рослин сумарний потік CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунту збільшується в середньому щонайменше на 12-32 % [4]. Вплив змін вологості та температури ґрунту під різними культурами, як основних природних регуляторів перебігу біологічних процесів, протягом вегетаційного періоду перекривався сукупною дією різних факторів, насамперед, внеском кореневого дихання сільськогосподарських культур.



**Рис. 4.** Інтенсивність дихання ґрунту під різними сільськогосподарськими культурами

Найбільший внесок кореневого дихання в емісійний потік дають зернові стернові культури – озиме жито, озима пшениця, ячмінь, надходження  $\text{CO}_2$  з ґрунту під якими на 35 % вище, ніж з ґрунту під паром. Просапні (кукурудза, соняшник) поступають їм у цьому, ймовірно через менше охоплення кореневою системою верхнього шару ґрунту [5]. Концентрація вуглекислого газу в приґрунтовому шарі повітря у посівах зернових культур та гречки перевищує концентрацію над ґрунтом під паром на 15-20 %.

**Висновки.** Для оцінки емісії  $\text{CO}_2$  з ґрунту в польових умовах за допомогою інфрачервоного газоаналізатора найважливішу роль відіграють термін експозиції вимірювань, об'єм робочої камери та її форма.

Для підвищення точності та об'єктивності результатів вимірювань слід обирати 15-хвилинну експозицію і робочу камеру із середнім об'ємом – 2-3  $\text{дм}^3$  та вертикальним закріпленням інфрачервоного зонду на відстані 1,5-2 см від поверхні ґрунту.

Сільськогосподарська культура майже на третину визначає сукупну варіабельність концентрації  $\text{CO}_2$  у шарі повітря над ґрунтом, насамперед, за рахунок внеску кореневого дихання.

#### Перелік використаної літератури

1. Смагин А.В. Новые инструментальные методы и портативные электронные средства контроля экологического состояния почв и сопредельных сред / Смагин А. В., Садовникова Н. Б., Глаголев М. В., Кириченко А. В. // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2006. – Т.2, № 1. – С. 5-16.
2. Keith H. Measurement of soil  $\text{CO}_2$  efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable / H. Keith, S. Wong // Soil biology and biochemistry. – 2006. – Vol. 38. – P. 1121–1131.
3. Портативные газоанализаторы для мониторинга  $\text{CO}_2$  в воздухе; электронный ресурс [www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)
4. Сябрук О.П. Сезонна динаміка продукування  $\text{CO}_2$  та розрахунок обсягів втрати вуглецю за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення ґрунту // Матеріали міжнародного науково-практичного форуму “Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій”, Львівський національний аграрний університет. – №17 – 2013. – С. 130-137.

5. Сябрук О.П. Комплексний моніторинг емісійних втрат вуглецю з чорноземів за різних агрозаходів / О.П. Сябрук, М.М. Мірошніченко // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Книга 2. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів. – Харків: ТОВ «Смуґаста типографія», 2014. – 381 с.

*Стаття надійшла до редколегії 18.08.2015*

## **IMPROVEMENT OF OPERATIONAL METHOD FOR CONTROL OF CO<sub>2</sub> EMISSION FROM THE SOIL SURFACE**

**O.P. Syabruk**

**National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine**  
*blakahrt.Liss@yandex.ua*

Today, there is a high availability of various systems to assess the CO<sub>2</sub> emissions from the soil surface by means of (single and multichannel) infrared analyzers. In connection with large expenditures of labor and imperfect field's methods for measuring emissions of CO<sub>2</sub> from soil it was the task to investigate promising, from our point of view, instrumental method of monitoring carbon dioxide emissions from soil using a portable gas analyzer testo535. Portable gas analyzer testo 535 - is a precision instrument for measuring CO<sub>2</sub> in the air and work area in an isolated area. Areas of observation for research CO<sub>2</sub> emissions under different crops using a portable gas analyzer testo 535 were laid on Experimental Field "Korotychnske" State Enterprise of National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky» (now Grakivske) in April 2012. Soil experimental fields – podzolized chernozem low humus heavy loam on loess like loam. In order to achieve better reproducibility of the results it was carried out experimental study of several problematic issues: defining optimal exposure experiment and establishment of optimal stereometry indicators for respiration's camera. The experimental results show that to improve the accuracy and objectivity of measurements we should choose a 15-minute exposure, the working chamber with an average volume of 2,3 dm<sup>3</sup> absorption of infrared vertical fixing probe at a distance from the ground 1,5-2 cm. According to the research of the method of measurement, this was later tested at pilot sites and soil monitoring network in Kharkiv region. During 2012 – 2014 years on stationary experience it was conducted periodic research monitoring the dynamics of intensity of respiration using a portable instrument testo 535. Observations on the dynamics of soil CO<sub>2</sub> emissions showed that plant crops almost a third defines the total variability in CO<sub>2</sub> concentration in the layer of air above the soil, primarily due to the contribution of root respiration.

**Keywords:** *production of carbon dioxide, a portable gas analyzer, diagnostic methods for operational control of the soil, stereometry indicators, root respiration.*

УДК 631.434.1

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ, СТВОРЕНИХ ПЕРЕДПОСІВНИМ ОБРОБІТКОМ, ТА ЇХ ДИНАМІКИ НА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ КУКУРУДЗИ<sup>1</sup>**

**А.Л. Бородін, С.І. Крилач**

**ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків**  
*(a.l.borodin@yandex.ua)*

Моделюванням оптимальних агрофізичних параметрів ґрунту в умовах мікропольового дослідження досягнуто сприятливих умов вологозабезпеченості кукурудзи в період появи сходів, так само, як і у виробничих умовах за стандартної технології передпосівного обробітку (культиватором КТС 6 на глибину 6-8 см після осінньої оранки на глибину 22-25 см). Протягом вегетації кукурудзи дефіциту запасів вологи у шарі 0-40 см не спостерігали. При цьому за модельованих оптимальних агрофізичних параметрів посівного шару ґрунту одержано вдвічі більший урожай зерна кукурудзи – 170 ц/га, ніж за виробничих умов – 85 ц/га.

<sup>1</sup> Науковий керівник – доктор біол. наук, академік НААН, професор В.В. Медведєв