

УДК 631.4.002.56:631.417

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГУМУСУ В ҐРУНТАХ ДИСТАНЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

С.Г.Чорний, доктор сільськогосподарських наук, професор
І.М.Гашпоренко, аспірант
Миколаївський державний аграрний університет

Розглянуто питання визначення вмісту гумусу в південних чорноземах Миколаївської області за допомогою багатоспектрального космічного сканування. Отримано рівняння регресії, які показують на зв'язок вмісту гумусу в ґрунті з коефіцієнтами яскравості різних частин спектру. В розрахунках враховано ступінь строкатості ґрунтового покриву в середині операційно-територіальних одиниць.

Ключові слова: гумус, багатоспектральне сканування, операційно-територіальна одиниця, ґрунтове різноманіття.

Органічна речовина ґрунту („гумус”) значною мірою визначає його родючість. Внаслідок інтенсивної сільськогосподарської діяльності людини, зокрема, розвитку процесів вітрової та водної ерозії відбувається втрата гумусу. Моніторинг вмісту гумусу є надзвичайно важливою складовою загального контролю за станом ґрунтової родючості. Для забезпечення регулярного гумусового моніторингу на дуже великих територіях найкращою технологією контролю є сканування поверхні ґрунту за допомогою дистанційних методів. Оскільки гумус є темнозабарвленою речовиною, то його вміст в ґрунті буде пропорційним яскравості сонячного світла, яке відбилося від поверхні ґрунту. Визначення змін такої яскравості в часі може бути ефективним оперативним засобом моніторингу гумусу. Ще більш детальну характеристику змін вмісту гумусу в ґрунті можуть дати значення яскравостей в певних частинах спектра. Огляд літературних джерел показує на перспективність моніторингу вмісту гумусу на основі реєстрації спектральних

характеристик ґрунту в поверхневому шарі за допомогою багатоспектрального космічного сканування [1-3].

В дослідженні використовували багатоспектральний космічний знімок, який було зроблено при нульовій хмарності 24 квітня 1993 р. французьким супутником SPOT. Зйомка SPOT була проведена мультиспектральною камерою HRV за трьома каналами: 0,50-0,59 мкм (зелений діапазон); 0,61-0,68 мкм (червоний діапазон); 0,79-0,89 мкм (близький інфрачервоний діапазон). Роздільна здатність знімків 20 м на піксел електронного зображення. Кількісну оцінку спектрофотометричних коефіцієнтів знаходили за допомогою програмного пакету ENVI 4.1. Було проведено також аналіз метеорологічних даних, який показав, що поверхня ґрунту в цей час перебувала у повітряно-сухому стані.

За операційно-територіальну одиницю (ОТО) моніторингу гумусу слід вважати окреме поле. А отже об'єктами досліджень був гумусний стан чорноземів південних Миколаївського та Жовтневого району Миколаївської області в межах кожного ОТО. Дані щодо вмісту гумусу в верхньому шарі кожного поля були отримані з архівних документів агрохімічного обстеження ґрунтів Миколаївського обласного центру охорони родючості ґрунтів та якості сільськогосподарської продукції 6-го та 7-го турів агрохімічного обстеження (1991–1995 роки). Можлива строкатість ґрунтового покриву на території кожного поля в цих даних ігнорується, а тому, по суті, кожне поле є ОТО лише з умовно однорідною інформацією щодо вмісту гумусу. Таке припущення, як буде показано нижче, сильно впливає на процедуру дистанційної ідентифікації гумусних властивостей ґрунтів.

З метою знаходження ОТО, не зайнятих на момент космічної зйомки рослинністю, було розраховано вегетаційний індекс (*NDVI*) за формулою[3]:

$$NDVI = \frac{Y_{ci} - Y_c}{Y_{ci} + Y_c}, \quad (1)$$

де Y_{ci} – коефіцієнт спектральної яскравості в інфрачервоному діапазоні спектра, Y_c – коефіцієнт спектральної яскравості в червоному діапазоні спектра. Розрахунок $NDVI$ базується на двох найбільш стабільних ділянках спектру відбиття світла судинними рослинами. В червоній області спектра лежить максимум поглинення сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а в інфрачервоній знаходиться область максимального відбиття сонячної радіації клітинними структурами листя. Висока фотосинтетична активність, яка характеризується невеликим значенням яскравості в червоній частині спектра та великим – в інфрачервоному, вказує на наявність щільної рослинності. В цьому випадку індекс $NDVI$ має значення 0,5-1,0. Коли ж на поверхні ґрунту відсутня рослинність, то величини індексу $NDVI$ близькі до нуля або приймають невеликі від’ємні значення. А тому для аналізу зв’язків між спектрофотометричними коефіцієнтами та вмістом гумусу в ґрунті було взято ОТО з мінімальними значеннями індексу $NDVI$ ($NDVI < 0,05$). Таким чином було визначено повний перелік ОТО в кількості 41 об’єкт.

Аналіз ґрунтових карт території Очаківського та Жовтневого районів показав, що дуже часто в межах одного ОТО можуть бути два або більше ґрунтових виділів на рівні ґрунтового типу (підтипу) або роду, що пов’язано, в першу чергу, із певною строкатістю рельєфних умов ґрунтоутворення. Зокрема, багатьом ОТО притаманні схилі чорноземні еродовані ґрунти різного ступеня змитості, а по замкнутим плоскодонним пониженням („подам”) зустрічаються гігроморфні лучно-болотні, лучно-чорноземні ґрунти та галогенні ґрунти (солончаки, солонці, солоді). А тому, очевидно, що процедура визначення вмісту гумусу в ґрунтах повинна враховувати різноманіття ґрунтового покриву. Для цього в межах кожного ОТО була розрахована функція Шенонна-Уівера (H):

$$H = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (2)$$

де p_i – частка кожного ґрунтового виділу, %.

Очевидно, що чим більше буде значення функції Шенонна-Уівера, тим більше буде ґрунтове різноманіття всередині конкретної ОТО і тим більше факторів, які визначають гумусовий стан ґрунту. В протилежному випадку, при одноманітному ґрунтовому покриві, значення функції Шенонна-Уівера буде близьким до нуля, що ілюструє більш-менш одноманітні властивості ґрунту в середині ОТО, в тому числі і вміст гумусу.

Розрахунок за формулою (2) показав, що за ґрунтовим різноманіттям всі ОТО в Миколаївському та Жовтневому районі можна розділити на дві групи. До першої групи (18 об'єктів) попадають ОТО з одноманітним ґрунтовим покривом ($H=0$), до другої (23) – із строкатим ($H=0,29-1,37$).

За допомогою регресійного аналізу для першої групи ОТО було виявлено залежність між спектральною яскравістю ґрунтів на знімках SPOT та вмістом гумусу (G , %):

$$\ln G = 1,649 + 0,003 \cdot Y_z + 0,010 \cdot Y_c + 0,028 \cdot Y_{ic}. \quad (3)$$

В (3) Y_z – коефіцієнт спектральної яскравості в зеленому діапазоні спектра, Y_c – коефіцієнт спектральної яскравості в червоному діапазоні спектра Y_{ic} – коефіцієнт спектральної яскравості в інфрачервоному діапазоні спектра. Коефіцієнт множинної кореляції в цьому випадку дорівнює 0,82, а критерій Фішера (F) – 9,96. Стандартне значення цього критерію (при $\alpha=0,05$, $\nu_1=3$, $\nu_2=14$) дорівнює 8,71, що свідчить про достовірність такого зв'язку на 95% рівні значимості.

Статистична обробка даних, які характеризують гумусовий стан та коефіцієнти яскравості другої групи ОТО із строкатим ґрунтовим покривом, показала наступне. При залежності між спектральною яскравістю ґрунтів та вмістом гумусу, яка апроксимується рівнянням

$$\ln G = 0,812 + 0,022 \cdot Y_z - 0,012 \cdot Y_c + 0,020 \cdot Y_{ic}, \quad (4)$$

коефіцієнт множинної кореляції дорівнює 0,69, а критерій Фішера (F) лише 5,75. Стандартне значення цього критерію при $\alpha=0,05$, $\nu_1=3$, $\nu_2=19$ дорівнює 8,86, а при $\alpha=0,01$ – 5,19. Тобто достовірність зв'язку (4) існує лише на 90% рівні значимості.

Отже, за рахунок більш строкатого покриву ступінь тісноти зв'язків між вмістом гумусу та коефіцієнтами спектральної яскравості в зеленому, в червоному та в інфрачервоному діапазоні спектра, а також рівень достовірності такого зв'язку зменшується в порівнянні з випадком, коли ґрунтовий покрив всередині ОТО однорідний.

В той же час, отримані залежності можуть бути використані для моніторингового визначення вмісту гумусу в поверхневому шарі ґрунту за результатами багатоспектрального космічного сканування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заварзина А. Г. Содержание гумуса и отражательная способность почв юга Европейской части России / Заварзина А. Г., Розанова М. С., Суханова Н. И. // Почвоведение. — 1995. — №10. — С. 1248—1255.
2. Караванова Е. И. Оценка содержания гумуса в почвах по их спектральной отражательной способности / Караванова Е. И., Орлов Д. С. // Агрехимия. — 1996. — № 1. — С. 3—9.
3. Шатохин А. В. Дистанционная индикация содержания гумуса в почвах степной и степной зон Украины / Шатохин А. В. // Агрехимия. — 1998. — № 6. — С. 21—25.