

CZU: 535.3:[631.4 + 581.5]

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4457381>

DETERMINAREA STADIULUI DE VEGETAȚIE, A CALITĂȚII ȘI TIPULUI SOLULUI PRIN MĂSURĂRI ALE SPECTRELOR OPTICE

Veaceslav SPRINCEAN, Mihail CARAMAN, Arcadii CHIRIȚA, Florentin PALADI

Universitatea de Stat din Moldova

Sunt cercetate spectrele de reflexie difuză și de fotoluminescență pentru probe de sol și de frunze colectate la diferite stadii de dezvoltare. Stadiul de vegetație a frunzelor și tipul lor poate fi determinat atât după marginea benzii de reflexie difuză în intervalul 460÷520 nm, cât și după valoarea numerică a coeficientului de reflexie difuză în regiunea pantei dependenței $R_d(\lambda)$. Este determinat intervalul spectral în care se poate stabili calitatea și tipul solului după mărimea coeficientului de reflexie difuză.

Cuvinte-cheie: *spectre de reflexie difuză, spectre de fotoluminescență, stadiu de vegetație, calitatea și tipul solului.*

DETERMINATION OF VEGETATION STAGE, SOIL QUALITY AND TYPE BY OPTICAL SPECTRUM MEASUREMENTS

Diffuse reflection and photoluminescence spectra are investigated for soil and leaf samples collected at different stages of development. The vegetation stage of the leaves and their type can be determined both by the edge of the diffuse reflection band in the range 460÷520 nm, and by the numerical value of the diffuse reflection coefficient in the slope region of the dependence $R_d(\lambda)$. The spectral interval is determined, in which the quality and type of soil can be established according to the size of the diffuse reflection coefficient.

Keywords: *diffuse reflection spectra, photoluminescence spectra, vegetation stage, soil quality and type.*

Introducere

Sursa de energie datorită căreia au loc procesele biofizice în lumea vegetală, și nu numai, este radiația solară. Distribuția spectrală a densității radiației solare în afara atmosferei este asemănătoare cu radiația corpului negru la temperatura ~6000 K. În atmosferă radiația solară se absoarbe și se împrăștie de către componentele atmosferei. În consecință, la suprafața solului pătrunde radiația cu lungimi de undă din intervalul 0,32÷1,7 μm cu maxim de intensitate la lungimea de undă 0,53 μm . Din acest interval de lungimi de undă, la procesele de fotosinteză în plante participă fotonii cu energia mai mare de 2,3÷2,5 eV, energie necesară pentru excitarea macromoleculilor din frunzele plantelor.

Radiația electromagnetică interacționează cu materialele prin intermediul indicilor de refracție și de absorbție, mărimi care sunt direct legate cu coeficienții de absorbție și de reflexie. De la distanță, prin intermediul spectrelor de reflexie difuză și de fotoluminescență pot fi studiate și monitorizate procesele care au loc în plante la diferite etape de dezvoltare.

Schimbările în compoziția și structura solului, precum și impurificările acestora în rezultatul activității umane, monitorizarea dezvoltării și a transformărilor care intervin în plantațiile agricole și în ansamblu în vegetație, în același rând prezența și comportarea diverselor impurități în bazinele acvatice de la distanță se determină prin măsurări ale interacțiunii radiațiilor electromagnetice cu mediul ambiant. Din ansamblul mare de metode optice de caracterizare a materialelor, cel mai des utilizate și cele mai efective la moment sunt informațiile obținute din măsurări optice în regiunea de transparență a atmosferei, cum ar fi măsurările reflexiei, absorbției și de împrăștiere (Rayleigh, Mie, Raman) a luminii. Sensibilitatea acestei metode depinde de mai mulți factori, printre care cel mai realizabil din punct de vedere tehnic este domeniul spectral. Anume acest scop se urmărește în această lucrare.

Metode și materiale aplicate

În lucrare se studiază spectrele de reflexie difuză și de fotoluminescență a câtorva probe de sol și de frunze colectate la diferite stadii de dezvoltare. În timpul zilei iradierea suprafeței pământului constă din reflexia și difuzarea radiației solare și din radiația emisă de sol, emisia proprie a solului fiind determinată de temperatura la suprafață. Maximul intensității radiației solare la suprafața solului corespunde regiunii de culoare verde a spectrului (~530 nm). Totodată, distribuția spectrală a radiației reflectate de suprafața solului depinde de

condițiile meteorologice și de gradul de impurificare a atmosferei. Pentru omiterea acestor factori în lucrare, spectrul de reflexie difuză a materialelor studiate au fost iluminate cu spectrul emis de o lampă cu filament de W la temperatura 3400 K – lampa cu balon din cuarț (SO₂).

Rezultate și discuții

Conform legii deplasării a lui Wien, maximul distribuției spectrale a acestei surse de radiație corespunde lungimii de undă egale cu 850 nm. În calitate de etalon cu coeficient de reflexie difuză egal cu ~1,0 s-a luat un strat din pulbere presat de BaSO₄. După cum se vede din Figura 1, coeficientul de reflexie difuză monoton se micșorează odată cu lungimea de undă, atingând valori de 0,1 și mai mici la lungimea de undă 380 nm.

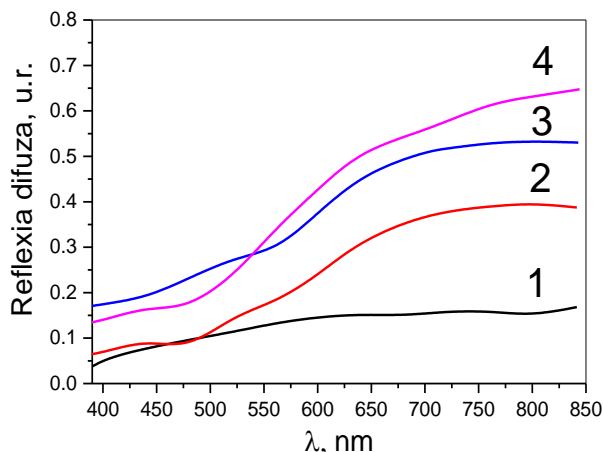


Fig.1. Spectrele de reflexie difuză a probelor din diferite tipuri de sol:
1 – pământ negru, 2 – pământ sur, 3 – amestec de pământ cu lut alb, 4 – nisip de râu.

Micșorarea coeficientului de reflexie difuză este un indicator de majorare a coeficientului de absorbție liniar. Coeficientul de reflexie difuză R_d și coeficientul liniar de absorbție sunt legați prin funcția Kubelka-Munk, $F(R_d)$ [1].

$$F(R_d) = \frac{(1-R_d)^2}{2R_d} = \frac{f}{S},$$

unde f este coeficientul liniar de absorbție, iar S este factor de împrăștiere.

Marginea benzii de absorbție a solurilor studiate în această lucrare poate fi aproximată cu lungimea de undă limită a dependențelor $R_d(\lambda)$ de la care R_d atinge pragul de saturație. Acest parametru pentru solurile sur și amestec sol-lut alb, conform Figurii 1 (curbele 2 și 3), poate fi aproximată cu lungimile de undă ~670 nm, pe când la nisip sur această lungime de undă este de (700 ÷ 710) nm. De menționat că lungimile de undă de prag a benzii de absorbție în mineralele care conțin sulf se încadrează în intervalul lungimilor de undă de la 500 nm pentru mineralele (Green Kit și Cinnabar) până la ~1000 nm pentru mineralul (Herzenbergite SnS) [2]. După cum se vede din Figura 1, intervalul spectral cu sensibilitate mare de identificare a compoziției solului după spectrele de reflexie difuză corespunde lungimilor de undă 750 ÷ 840 nm.

Spectrele de reflexie difuză a frunzelor de stejar și de mesteacăn sunt prezentate în Figura 2. Exemplarele de frunze de stejar au fost colectate în lunile iunie (curba 2) și septembrie (curba 1). După cum se vede din această prezentare, în intervalul lungimilor de undă a radiației incidente de la 380 nm până la ~840 nm spectrele de reflexie difuză a frunzelor verzi conțin două pante de creștere a coeficientului de reflexie difuză cu lungimea de undă a radiației incidente: una în regiunea 480÷560 nm și a doua la lungimi de undă mai mari de 700 nm. Marginea lungimii de undă scurtă se găsește la 480 nm: pentru frunzele de mesteacăn și pentru frunzele verzi de stejar – la 500 nm. Pentru frunzele de stejar colectate la sfârșitul perioadei de vegetație (septembrie) lungimea de undă este de 720 nm și de 460 nm pentru cele colectate în perioada de vegetație activă (luna iunie). Lungimea de undă de prag a benzii de reflexie difuză a luminii de la frunzele uscate de stejar poate fi aproximată cu 515÷520 nm. Banda de reflexie din intervalul lungimilor de undă $\lambda > 700$ nm poate fi determinată atât de dimensiunile medii ale granulelor de pe frunzele structurate, cât și de structura internă a celulelor verzi. După cum se vede din această prezentare, în intervalul spectral al acestei benzi se

observă o variație bine pronunțată a mărimii coeficientului de reflexie. Astfel, la lungimea de undă de 720 nm coeficientul de reflexie difuză se micșorează de ~2 ori la frunzele de stejar colectate în luna septembrie față de coeficientul înregistrat la frunzele colectate în luna iunie. Deci, putem admite că un criteriu de caracterizare a etapelor de vegetație pot servi mărimile coeficientului de reflexie difuză pentru anumite specii de copaci.

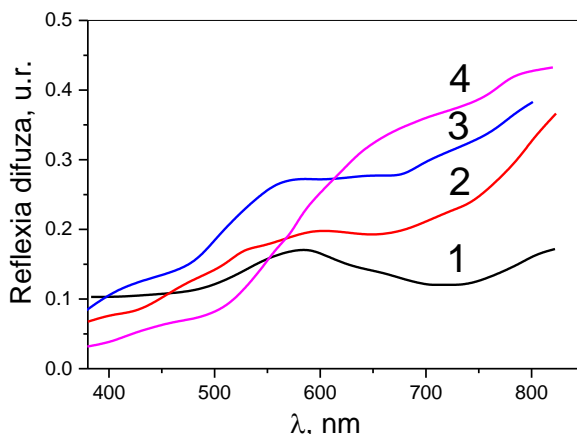


Fig.2. Spectrele de reflexie difuză a frunzelor de stejar (curbele 1, 2 și 4) și de mesteacăn (curba 3):
curba 1 – frunze colectate în luna septembrie, curba 2 – frunze colectate în luna iunie,
curba 4 – frunze uscate de culoare galbenă.

În Figura 3 sunt prezentate spectrele fotoluminescenței (FL) frunzelor la trei specii de copaci (arțar, stejar și cireș) la excitare cu radiație ultravioletă (UV) emisă de laserul pe molecule de azot ($\lambda=337,4$ nm).

Densitatea fascicolului de excitare a fost de ~ 1 GW/cm² în impuls cu durata 10 ns. După cum se vede din această prezentare, spectrele FL a obiectelor studiate reprezintă benzi cu contur larg cu maxime de intensitate în intervalul lungimilor de undă de la ~ 420 nm (frunze de cireș) până la 480 nm (frunze de stejar). Maximul benzii de emisie a frunzelor galbene de arțar se deplasează spre lungimi de undă lungi și este localizat la ~ 560 nm.

Spectrele FL ale frunzelor verzi, odată cu banda FL intensă din regiunea violet-albastră, conțin o bandă FL de intensitate mică în regiunea 600÷700 nm. Menționăm că în această regiune spectrală se găsește banda de emisie luminescentă a clorofilei [3]. Din analiza spectrului de emisie FL, după cum se vede din Figura 3, poate fi identificat nu doar tipul de frunze, dar și stadiul de vegetație a acestora. Dacă ținem seama de faptul că la excitarea FL cu fascicol etalonat intensitatea benzilor FL este proporțională cu densitatea obiectelor care emit benzi de FL, atunci spectrele FL pot servi și pentru identificarea distribuției planare a surselor de emisie FL.

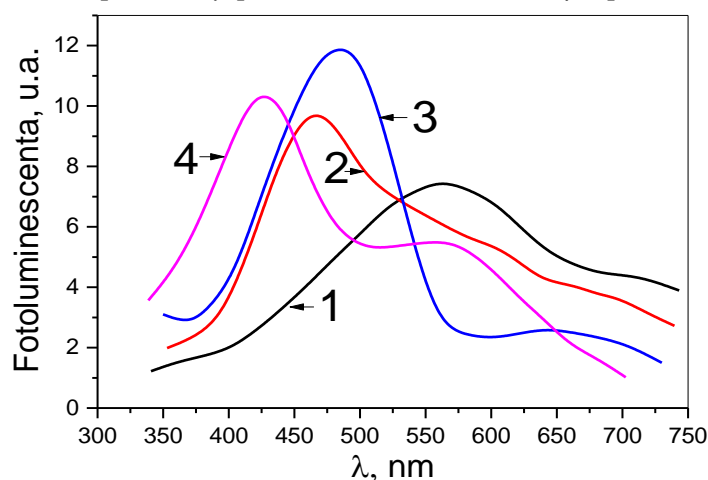


Fig.3. Spectrele FL ale frunzelor la trei specii de copaci: curba 1 – frunze de stejar (septembrie),
curba 2 – frunze verzi de stejar (iunie), curba 3 – frunze verzi de mesteacăn și
curba 4 – frunze uscate galbene, la excitare cu radiație UV emisă de laserul pe molecule de azot ($\lambda=337,4$ nm).

Concluzii

Este determinat intervalul spectral în care după mărirea coeficientului de reflexie difuză se poate stabili calitatea și tipul solului. Stadiul de vegetație a frunzelor și tipul lor poate fi determinat atât după marginea benzii de reflexie difuză în intervalul 460÷520 nm, cât și după valoarea numerică a coeficientului de reflexie difuză în regiunea pantei dependenței $R_d(\lambda)$. La excitarea frunzelor cu radiație din regiunea UV cu densitate înaltă frunzele de cireș, de arțar și de stejar emit benzi de FL cu maxime de intensitate la anumite lungimi de undă caracteristice tipului și stadiului de vegetație a acestora.

Referințe:

1. MURPHY, A. *Optical properties of an optically rough coating from inversion of diffuse reflectance measurements*. 2007, vol.46.
2. BOLDISH, S.I., WHITE, W.B. Optical band gaps of selected ternary sulfide minerals. In: *American Mineralogist*, 1998, vol.83, no.7-8, p.865-871.
3. JURINIC, P.A. Photosynthesis and fast changes in light emission by green plants. In: *Photochemical and photobiological reviews*, 1979, Springer, p.125-205.

Notă: Autorii menționează cu recunoștință sprijinul financiar oferit de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare și de Universitatea de Stat din Moldova în cadrul proiectului Monitor3D cu cifrul 20.80009.7007.05.

Date despre autori:

Veaceslav SPRINCEAN, lector asistent, Facultatea de Fizică și Inginerie, șef laborator *Oficiul de Educație pentru Drone*, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: vsprincean@usm.md

ORCID: 0000-0001-6719-7387

Mihail CARAMAN, doctor habilitat, profesor universitar, Facultatea de Fizică și Inginerie, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: mcaraman@usm.md

ORCID: 0000-0001-8225-8600

Arcadi CHIRIȚA, doctor în științe fizice, cercetător științific superior, Institutul de Cercetare și Inovare al USM.

E-mail: achirita@usm.md

ORCID: 0000-0002-0817-6102

Florentin PALADI, doctor habilitat, profesor universitar, Facultatea de Fizică și Inginerie, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: fpaladi@usm.md

ORCID: 0000-0001-8099-9413

Prezentat la 13.11.2020