

## ЛЮМІНЕСЦЕНТНЕ МАРКУВАННЯ ЛИСТЯ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ РОСЛИН

*В. В. Бойко, кандидат фізико-математичних наук, доцент*

*В. П. Чорній, кандидат фізико-математичних наук, доцент*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

*В. І. Борисюк, кандидат фізико-математичних наук*

*С. Г. Неділько, доктор фізико-математичних наук, старший науковий  
співробітник*

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*A. Suchocki, Dr. hab., professor*

*Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences*

*E-mail: [boyko\\_v@nubip.edu.ua](mailto:boyko_v@nubip.edu.ua)*

**Анотація.** Люмінесцентні маркери, як засоби для моніторингу стану рослин в точному землеробстві, привертають все більшу увагу у зв'язку із розвитком сучасних технологій збору, обробки та зберігання даних. Поєднання оптичних характеристик (відбивання та випромінювання світла) маркерів (люмінофорів) та листя рослин дозволяє здійснювати такий моніторинг дистанційно, що сприяє автоматизації процесу вирощування рослин. При цьому вибір люмінофора та способу його нанесення на рослину залишається актуальним напрямом наукових досліджень. У цій роботі проаналізовано результати дослідження оптичних характеристик: дифузного відбивання, спектрів фотолюмінесценції та її збудження листя «до» та «після» нанесення на нього суспензій двох типів: люмінофор+вода та люмінофор+вода+ПВА, де люмінофором є порошок  $SrAl_2O_4:Eu,Dy$ . З'ясовано, що в результаті нанесення суспензій обох типів дифузне відбивання світла листям зростає в усій видимій області. Щодо спектрів фотолюмінесценції листя без нанесених суспензій, то тут спостерігалися три смуги: одна - низької інтенсивності з максимумом при 535 нм, та дві інтенсивні - з максимумами при 685 та 740 нм. Останні дві смуги червоного свічення відповідають випромінюванню молекул хлорофілу *a*, в той час як смуга при 535 нм може бути пов'язана із люмінесценцією каротиноїдів у складі листя. Нанесення суспензії  $SrAl_2O_4:Eu,Dy+H_2O$ , практично, не призводить до зміни спектра власної «червоної» ФЛ листя в області 625 – 825 нм, тоді як для листя покритого суспензією  $SrAl_2O_4:Eu,Dy+H_2O+ПВА$  має місце зростання інтенсивності свічення в області 450 – 650 нм, порівняно із інтенсивністю смуги на 685 нм. Відносна інтенсивність смуги на 740 нм, при цьому, падає. Продемонстровано, що спектри фотолюмінесценції зразків листя є чутливими до зміни довжини хвилі збудження

ФЛ, що дозволяє селективно збуджувати фотолюмінесценцію люмінофорної мітки та хлорофілу *a*, що міститься в листі. Одержані результати вказують на можливість використання оптичних властивостей листя обробленого суспензіями для збору інформації щодо стану рослини, з метою застосування в рослинництві концепції Інтернету речей (IoT).

**Ключові слова:** люмінесцентний маркер, поглинання світла, фотолюмінесценція, хлорофіл

**Актуальність.** Точне землеробство, концепція якого була сформульована ще в середині 80-х років минулого століття, а впровадження почалось у 90-х роках [1], продовжує активно розвиватися і нині внаслідок широкого застосування сучасних технологій, зокрема, штучного інтелекту та Інтернету речей (IoT) [2]. Важливим аспектом точного землеробства є збір даних, який, як правило, здійснюється шляхом дистанційного зондування, наприклад за допомогою супутників або безпілотних систем [3]. При цьому, основна інформація одержується шляхом вимірювання характеристик світла відбитого від листя рослин та/або його фотолюмінесценції (ФЛ) [1]. Відомо, що характеристики згаданих потоків світла визначаються, в першу чергу, поглинанням та випромінюванням світла молекулами хлорофілу та каротиноїдів, які є в листі. При цьому, співвідношення між кількостями зазначених молекул в листку змінюється в результаті дії різних чинників, таких як пошкодження, хвороби, нестача поживних речовин, а також, як наслідок старіння та висихання листя. Відповідно, за змінами оптичних характеристиках листя можна відслідковувати стан рослин.

Варто зазначити, що відбивання світла є досить суттєвим, особливо, в області зеленого світла. У той же час, інтенсивність люмінесценції листя є низькою, що визначає її як малоприсадатну для дистанційного зондування. Однак, за умови нанесення на листя, або інкорпорації в нього деяких органічних або неорганічних речовин інтенсивність ФЛ обробленого листя можна суттєво підвищити. Речовини – інтенсифікатори ФЛ є, по своїй суті, люмінесцентними мітками (маркерами), а їх оптичні властивості можуть змінюватись під впливом оточення – волога, важкі метали, рівень рН, тощо. Це дозволяє в режимі реального часу контролювати процес життєдіяльності рослин та своєчасно вносити необхідні зміни (добрива, полив,

гербіциди, тощо), зокрема в автоматичному режимі шляхом застосування IoT - концепції.

Відповідно до зазначеного вище, пошук люмінесцентних матеріалів, придатних до застосування в точному землеробстві, а також методи їх нанесення на рослини, нині є актуальними науковими та технічними завданнями.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Типовими способами доставки люмінесцентних речовин до листя рослин є розпилення люмінесцентних суспензій безпосередньо на поверхню листя або введення в судинну систему через корінь чи ін'єкціями в кору [4, 5]. При цьому використання відносно великих частинок люмінесцентних міток (в кілька мікрон) та їх введення через кору/кореневу систему є можливим переважно для великих рослин, в першу чергу дерев. Такий спосіб внесення міток, очевидно, потребує значної кількості люмінесцентного матеріалу. Нещодавно було запропоновано вводити люмінесцентні мітки безпосередньо в листя за допомогою сукупності мікроголок (у вигляді латок з мікроголками). Одержані результати є надзвичайно цікавими з погляду застосування в точному землеробстві [5]. Однак, нині застосування запропонованого підходу на великій кількості рослин не виглядає перспективним через певну складність виготовлення латок мікроголок та необхідності «ручного» наклеювання/відклеювання латок на листок. Розпилення люмінесцентних міток на листя виглядає більш раціональним, але ж і в цьому випадку складові суспензії потрібно підбирати так, щоб частинки люмінесцентного матеріалу могли легко перейти із суспензії в пори листка, або ж, щонайменше, надійно трималися на ньому.

Як уже зазначалося вище, люмінесцентними мітками для використання в точному землеробстві можуть бути органічні (напр. барвник Родамін Б [6]) або неорганічні матеріали (напр. квантові точки [4], фториди [7], оксиди [5] тощо). Серед останніх, алюмінат стронцію,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  є надзвичайно цікавим, оскільки ця сполука виявляє і інтенсивну фото/механолюмінесценцію з тривалим (до кількох годин) післясвіченням. Цей оксид уже вводили до листя [5, 8]. Нами він також досліджувався, але - як складова паперових композитів на основі целюлози - полімера рослинного походження [9].

**Мета дослідження** – визначити оптичні характеристики листя з нанесеним фотолюмінофором, проаналізувати можливість використання суспензій для нанесення люмінесцентних міток на листя з метою моніторингу стану рослини протягом тривалого часу.

**Матеріали і методи дослідження.** Приготування суспензій здійснювалося з використанням комерційного порошку  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$ , дистильованої води та полівінілацетату (ПВА). Приготовані суспензії двох типів  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$ +вода та  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$ +вода+ПВА наносились на листя бузку (*Syringa*) розпиленням з пульверизатора. Спектри дифузного відбивання записувалися для необроблених - «до» та оброблених - «після» нанесення суспензії (одразу після розпилення та через 2 тижні), а також - для опалого сухого листа (див. рис. 1).



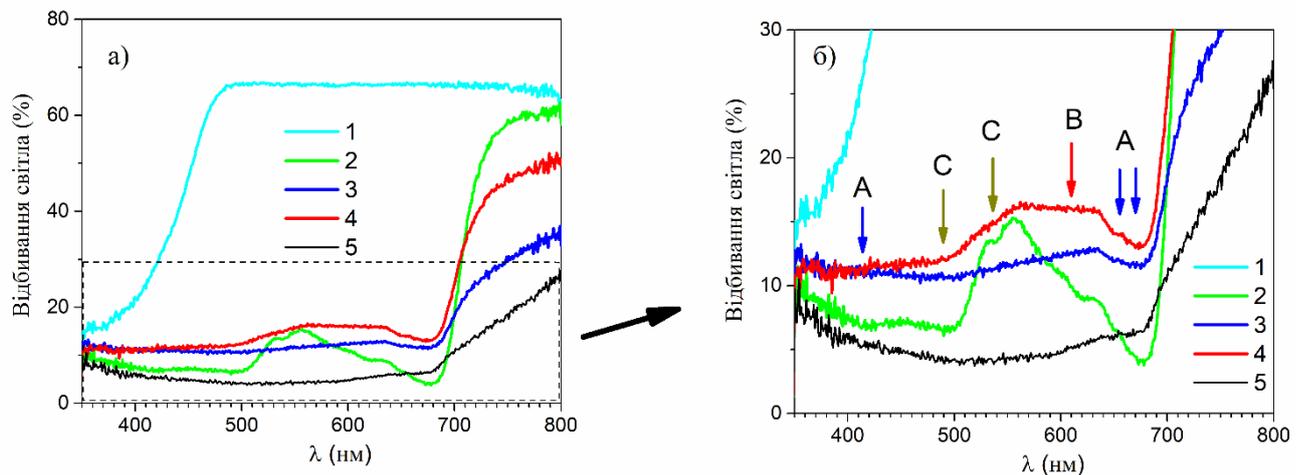
**Рис. 1.** Фотографії свіжого (а, в) та опалого (б) листків у «білому» (а, б) та «ультрафіолетовому» світлі (в).

Вимірювання спектрів дифузного відбивання здійснювалося з допомогою спектрометра PerkinElmer Lambda 950.

Спектри люмінесценції та її збудження було досліджено на спектрофлуориметрі Horiba/Jobin-Yvon Fluorolog-3 з використанням ксенонової лампи ( $P = 450$  Вт), як джерела збуджуючого світла. Всі вимірювання проводилися при кімнатній температурі зразків.

**Результати дослідження та їх обговорення.** На рис. 2 наведено спектри відбивання для вихідного порошку люмінофора  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  та зразків необробленого листя. Видно, що для люмінофора дифузне відбивання зменшується від  $\approx 66\%$  до  $15\%$  при зменшенні довжини хвилі від  $480$  до  $350$  нм (спектр 1, рис.

2). В той же час, відбивання світла листями майже на всій ділянці видимого світла не перевищує 20 %. При цьому, найменш інтенсивним є відбивання для опалого листа (спектр 5 на рис. 2), за винятком ділянки 650 – 700 нм. Малий коефіцієнт відбивання пов'язаний, в першу чергу, із поглинанням світла молекулами хлорофілу *a*, хлорофілу *b* та каротиноїдів (основні смуги показано стрілками на рис. 2, б). Нанесення суспензії SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu,Dy+вода призводить до зміни спектра відбивання (спектр 3, рис. 2) внаслідок зростання відбивання світла у всій спектральній області, за винятком діапазону 520-590 нм, де листя є відносно прозорим. Обробка більш складною суспензією, SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu,Dy+вода+ПВА призводить до подальшого зростання коефіцієнта відбивання, навіть в області прозорості листа (спектр 4, рис. 2).



**Рис. 2. Спектри дифузного відбивання світла: порошку SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu,Dy (1), листя до нанесення суспензії (2), із нанесеною водною суспензією (3), із нанесеною суспензією вода+ПВА (4), опалого необробленого листа (5).**

**Стрілки відповідають смугам поглинання світла хлорофілом *a* (A), хлорофілом *b* (B) та каротиноїдами (C)**

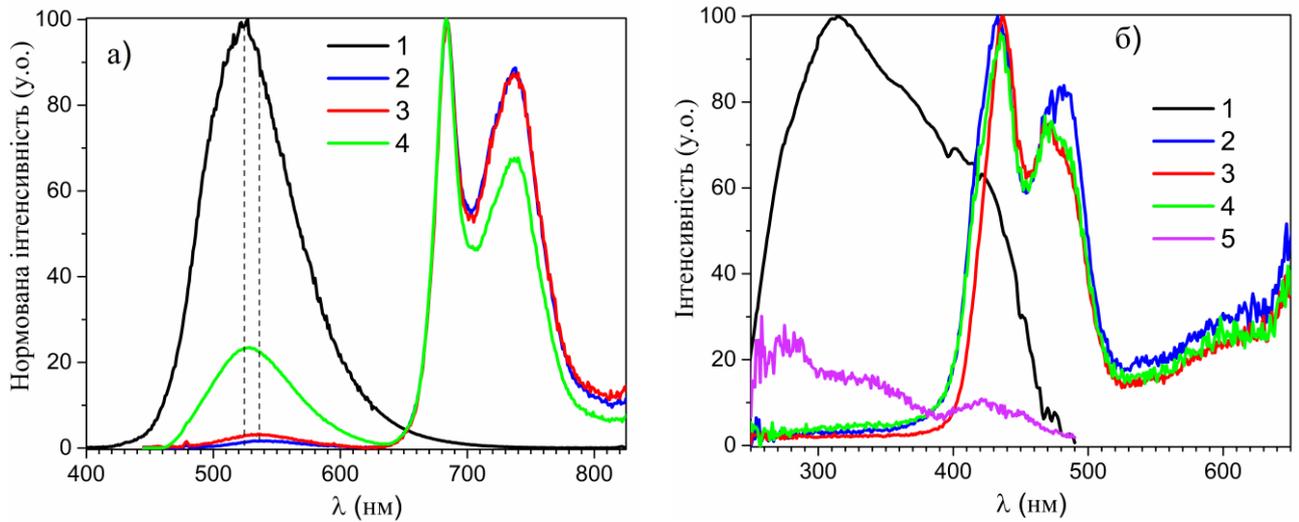
З погляду використання спектрів відбивання світла для моніторингу стану рослин, спектральний діапазон 650-750 нм є найбільш цікавим, адже смуга поглинання хлорофілу *a* чітко спостерігається на спектрах 2-5 (рис. 2). У той же час коефіцієнт відбивання в максимумі цієї смуги змінюється лише в межах від 4,4 %

(для «свіжого» необробленого листка) до 13,6 % (для листя з суспензією  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{вода}+\text{ПВА}$ ), що впливатиме на точність контролю. Саме тому в цій нашій роботі увагу зосереджено на люмінесцентних характеристиках зразків, за результатами дослідження яких проаналізовано можливості моніторингу стану рослини за характеристиками свічення листя та маркера під дією випромінювання УФ та видимого діапазонів світла.

На рис. 3 наведено спектри ФЛ (рис. 3, а) та спектри збудження ФЛ (рис. 3, б) досліджених зразків: люмінофору  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  і листя, як «до», так і «після» обробки. Спектр ФЛ люмінофору (рис. 3, а, крива 1) - це одна широка смуга, що ефективно збуджується в діапазоні 250 - 490 нм (рис. 3, б, крива 1). Зазначені спектри відповідають описаним раніше в літературі [5, 9].

Спектри власної люмінесценції необробленого листя описуються одинарною короткохвильовою смугою низької інтенсивності в діапазоні 425 – 625 нм (максимум смуги,  $\lambda_{\text{max}}$ , лежить при  $\sim 535$  нм) та довгохвильовою смугою в діапазоні 625 – 825 нм, що складається із двох смужок із  $\lambda_{\text{max}}$  при 685 та 740 нм (рис. 3, а, крива 2). Смуга збудження ФЛ листя, за формою, є досить подібною до смуги збудження люмінофора, хоча її максимум зміщено до довгохвильової сторони на 13 нм (рис. 3, б). Короткохвильова, «зелена», смуга ФЛ листя збуджується в діапазоні 250 – 475 нм (рис. 3, б, крива 5), тоді як довгохвильова, «червона», смуга ФЛ листя збуджується, переважно, в діапазоні 375 – 525 нм (рис. 3, б, криві 2 - 4)

Низької інтенсивності «зелену» ФЛ необробленого листя, імовірно, слід пов'язувати із люмінесценцією каротиноїдів. Інтенсивну «червону» ФЛ з максимумами при 685 та 740 нм у спектрах листя при збудженні із  $\lambda_{\text{зб}} = 436$  нм (поглинання при 436 нм обумовлено молекулами хлорофілу *a* та каротиноїдів), без сумніву, обумовлено люмінесценцією хлорофілу *a*. (Максимуми смуг ФЛ хлорофілу *b* мають лежати на інших довжинах хвиль:  $\sim 650$  та 715 нм [10].)



**Рис. 3. Спектри ФЛ (а) та збудження ФЛ (б)  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  (1), листя до нанесення суспензії (2, 5), із нанесеною водною суспензією (3) та з суспензією вода+ПВА (4); збудження ФЛ - при  $\lambda_{\text{зб}} = 325$  (1) та 436 нм (2-4) ; реєстрація ФЛ - при  $\lambda_{\text{люм}} = 525$  (1, 5) і 685 нм (2 - 4)**

Зазначимо, що нанесення суспензії  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{H}_2\text{O}$  практично не призводить до зміни спектра власної «червоної» ФЛ листя в області 625 – 825 нм (рис. 3, а, крива 3), якщо порівнювати із спектром ФЛ необробленого зразка (рис. 3, а, крива 2).

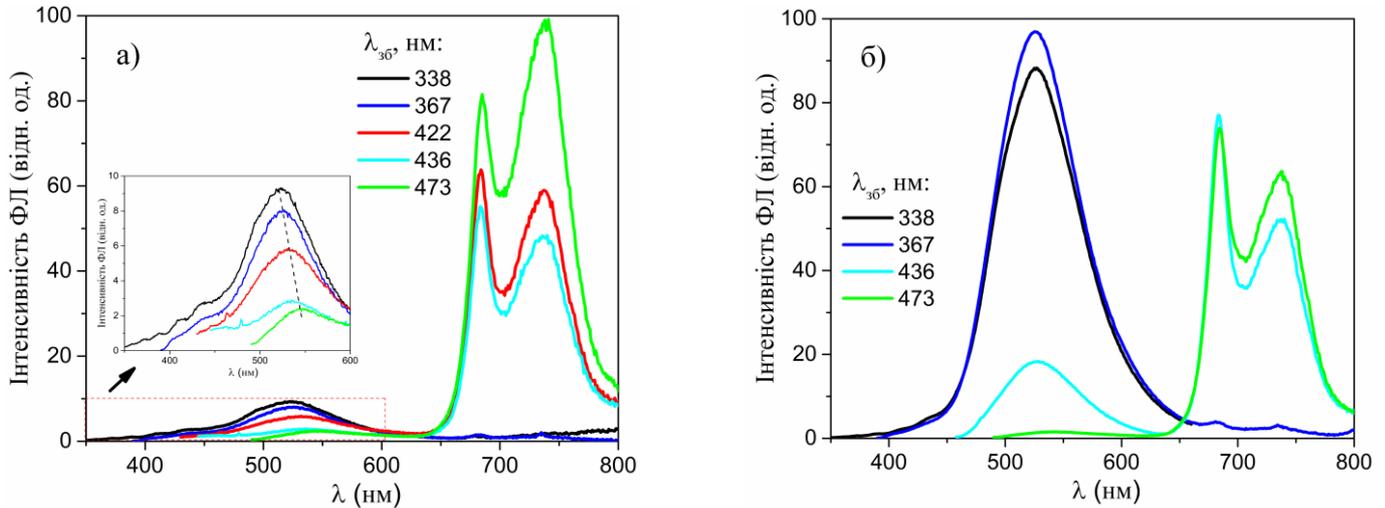
Для листя, покритого суспензією  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{H}_2\text{O}+\text{ПВА}$ , видно зростання інтенсивності свічення в області 450 – 650 нм порівняно із інтенсивністю смуги на 685 нм, в той час як відносна інтенсивність смуги на 740 нм зменшується. Зростання інтенсивності ВЛ на цій спектральній ділянці, очевидно, обумовлено зростанням внеску свічення люмінофору.

Між спектрами збудження листя з нанесеними різними суспензіями теж спостерігається певна різниця – як в положенні максимумів смуг, пов'язаних із молекулами хлорофілу/каротиноїдів ( $\lambda > 380$  нм), так і в їх відносній інтенсивності (рис. 3, б). Ці різниці, ймовірно, пов'язані із поглинанням/випромінюванням світла люмінофором  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$ .

Із загального вигляду спектрів збудження та ФЛ листя з нанесеними суспензіями можемо зробити висновок, що підбором довжини хвилі збудження ФЛ

можна варіювати інтенсивність певних смуг випромінювання з обробленого листа, що дає можливість моніторингу змін в таких системах.

Для підтвердження зазначеного вище, було проведено серію вимірювань спектрів ФЛ при її збудженні світлом різної довжини хвилі (рис. 4).



**Рис. 4. Спектри ФЛ листа, обробленого водною (а) та вода+ПВА суспензіями (б), одержані при різних довжинах хвиль збудження ФЛ ( $\lambda_{зб}$  зазначено на рисунку).**

Слід звернути увагу на поведінку спектрів при зростанні довжини хвилі збудження від 338 до 473 нм максимум смуги «зеленої» ФЛ зсувається в довгохвильову область, а її інтенсивність зменшується (вставка на рис. 4, а); змінюється відносна інтенсивність «зеленої» смуги ФЛ у порівнянні із інтенсивністю смуг в області 650 – 850 нм.

Таким чином, одержані дані вказують на можливість селективного збудження свічення люмінофору та хлорофілу/каротиноїдів. Це збудження досить легко реалізувати шляхом застосування комерційних світлодіодів УФ/фіолетового та синього випромінювання. Можливість управління відносною інтенсивністю різних смуг ФЛ шляхом їх селективного збудження вказує на перспективи застосування суспензій  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}+\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}+\text{H}_2\text{O}+\text{ПВА}$ , як люмінесцентних міток, з метою моніторингу стану рослин.

**Висновки і перспективи.** У роботі досліджено оптичні властивості листя з нанесеними люмінесцентними мітками (маркерами). Мітки було нанесено шляхом розпилення суспензій порошкового люмінофору  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  у воді та водному розчині ПВА. Продемонстровано, що спектри фотолюмінесценції зразків листя є чутливими до зміни довжини хвилі збудження ФЛ, що дозволяє селективно збуджувати фотолюмінесценцію мітки та хлорофілу *a*, що міститься в листі. Одержані результати вказують на можливість використання оптичних властивостей листя обробленого суспензіями  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{H}_2\text{O}$  або  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{H}_2\text{O}+\text{ПВА}$  для збору інформації щодо стану рослини, з метою застосування в рослинництві концепції Інтернету речей (IoT).

#### Список використаних джерел

1. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*. 2013. Vol. 114, № 4. P. 358-371.
2. Senoo E. E. K., Anggraini L., Kumi J. A., et al. IoT solutions with artificial intelligence technologies for precision agriculture: definitions, applications, challenges, and opportunities. *Electronics*. 2024. Vol. 13, № 10. P. 1894.
3. Adão T., Hruška J., Pádua L., et al. Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9, № 11. P. 1110.
4. Wang C., Yang H., Chen F., et al. Nitrogen-doped carbon dots increased light conversion and electron supply to improve the corn photosystem and yield. *Environmental Science & Technology*. 2021. Vol. 55, № 18. P. 12317-12325.
5. Li W., Lin J., Huang W., et al. Delivery of luminescent particles to plants for information encoding and storage. *Light: Science & Applications*. 2024. Vol. 13. P. 217.
6. Zhang H. Y., Su W. H., Jiang B., Peng Y. Automatic visualization of crop signaling markers in tomato plants for differentiation of labeled plants from weeds based on fluorescence imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2025. Vol. 231. P. 110009.
7. Far L. Đ., Zeković I., Periša J., et al. Luminescent  $\text{Eu}^{3+}$  doped  $\text{SrF}_2$  nanoparticles for fluorescent detection of fertilizers. *Optical Materials*. 2023. Vol. 142. P. 114061.
8. Hematulin S., Krobthong S., Yingchutrakul Y., Tachapermpon Y., Treesubuntorn C. Developing Light-Emitting Plants (LEPs) with  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+},\text{Dy}^{3+}$  by using pressure infiltration, optimal conditions for glowing and plant stress response. *Chemistry & Biodiversity*. 2025. P. e202500071.
9. Chornii V., Nedilko S., Lazarenko M., et al. Fabrication and mechanical, dielectric and optical properties of cellulose paper embedded with  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  phosphor. *Journal of Renewable Materials*. 2025. Vol. 13, № 4. P. 653-668.

10. Israsena Na Ayudhya T., Posey F. T., Tyus J. C., Dingra N. N. Using a microscale approach to rapidly separate and characterize three photosynthetic pigment species from fern. *Journal of Chemical Education*. 2015. Vol. 92, 920-923.

### References

1. Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358-371.
2. Senoo, E. E. K., Anggraini, L., Kumi, J. A., Karolina, L. B., Akansah, E., Sulyman, H. A., ... & Aritsugi, M. (2024). IoT solutions with artificial intelligence technologies for precision agriculture: definitions, applications, challenges, and opportunities. *Electronics*, 13(10), 1894.
3. Adão, T., Hruška, J., Pádua, L., Bessa, J., Peres, E., Morais, R., & Sousa, J. J. (2017). Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sensing*, 9(11), 1110.
4. Wang, C., Yang, H., Chen, F., Yue, L., Wang, Z., & Xing, B. (2021). Nitrogen-doped carbon dots increased light conversion and electron supply to improve the corn photosystem and yield. *Environmental Science & Technology*, 55(18), 12317-12325.
5. Li, W., Lin, J., Huang, W., Wang, Q., Zhang, H., Zhang, X., ... & Lei, B. (2024). Delivery of luminescent particles to plants for information encoding and storage. *Light: Science & Applications*, 13(1), 217.
6. Zhang, H. Y., Su, W. H., Jiang, B., & Peng, Y. (2025). Automatic visualization of crop signaling markers in tomato plants for differentiation of labeled plants from weeds based on fluorescence imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 231, 110009.
7. Far, L. Đ., Zeković, I., Periša, J., Ristić, Z., Alodhayb, A., Dramićanin, M. D., & Antić, Ž. (2023). Luminescent  $\text{Eu}^{3+}$  doped  $\text{SrF}_2$  nanoparticles for fluorescent detection of fertilizers. *Optical Materials*, 142, 114061.
8. Hematulin, S., Krobthong, S., Yingchutrakul, Y., Tachapermpon, Y., & Treesubsuntorn, C. (2025). Developing Light-Emitting Plants (LEPs) with  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$  by using pressure infiltration, optimal conditions for glowing and plant stress response. *Chemistry & Biodiversity*, e202500071.
9. Chornii, V., Nedilko, S., Lazarenko, M., Alekseev, O., Sosnovs'ka, M., Barbash, V., ... & Suchocki, A. (2025). Fabrication and mechanical, dielectric and optical properties of cellulose paper embedded with  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}, \text{Dy}$  phosphor. *Journal of Renewable Materials*, 13(4), 653.
10. Israsena Na Ayudhya, T., Posey, F. T., Tyus, J. C., & Dingra, N. N. (2015). Using a microscale approach to rapidly separate and characterize three photosynthetic pigment species from fern. *Journal of Chemical Education*, 92(5), 920-923.

## LUMINESCENT LABELING OF LEAVES FOR REMOTE MONITORING OF PLANTS

V. Boyko, V. Chornii, V. Borysiuk, S. Nedilko, A. Suchocki

**Abstract.** Luminescent markers are attracting increasing attention as a means of monitoring plant health due to the development of modern technologies for collecting, processing, and storing data necessary for precision agriculture. The combination of optical characteristics (reflection and emission of light) of markers (phosphors) and plant

leaves allows remote monitoring, which contributes to the automation of the plant growing process. At the same time, the choice of the phosphor and the method of its application to the plant remains a relevant area of scientific research. In this work the results of the study of optical characteristics such as: diffuse reflection, photoluminescence (PL), and PL excitation spectra of leaves "before" and "after" the application of suspensions of two types: phosphor + water and phosphor + water + PVA, where the phosphor was  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  powder, have been analyzed. It was found that the application of suspensions of both types increases the diffuse reflection of light by leaves in the entire visible region. Three PL bands were observed in the photoluminescence spectra of untreated leaves: one of low intensity with a maximum at 535 nm, and two intense bands with maxima at 685 and 740 nm. The latter two bands of red luminescence correspond to the emission of the molecules of chlorophyll *a*, while the band at 535 nm may be ascribed to the emission of carotenoids in the leaves. The application of the  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{H}_2\text{O}$  suspension practically does not lead to a change in the spectrum of intrinsic "red" PL of the leaves in the region of 625–825 nm. At the same time, for leaves coated with the  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}+\text{H}_2\text{O}+\text{PVA}$  suspension, there is an increase in the luminescence intensity in the region of 450–650 nm, compared to the intensity of the band at 685 nm. The relative intensity of the PL band at 740 nm, however, decreases. It has been demonstrated that the PL spectra of the samples are sensitive to changes in the PL excitation wavelengths, ghat allows for selective excitation of the photoluminescence of the phosphor label and chlorophyll *a* contained in the leaf. The obtained results indicate the possibility of using the optical properties of leaves treated with suspensions to collect information about the condition of the plant, with the aim of applying the Internet of Things (IoT) concept in crop production.

**Key words:** *chlorophyll, light absorption, luminescent marker, photoluminescence*