

Wykorzystanie emisji fotonowej do identyfikacji drzew iglastych

Streszczenie. Od wielu lat powierzchnia lasów w kraju ulega systematycznemu zwiększaniu. Aż 68,3% składu gatunkowego lasów stanowią drzewa iglaste. W biomonitoringu lasów mogą być wykorzystywane igły. Już w starożytności greccy badacze opisywali istnienie zjawiska, które dziś znamy jako bioluminescencję. Systemy biologiczne emitują bardzo słabe światło bez żadnych zewnętrznych bodźców. Zjawisko emisji fotonowej odkryto w wielu mikroskopowych jak i makroskopowych układach. Źródłem swoistego promieniowania elektromagnetycznego jest każdy organizm żywy. Obecność biomakromolekuł i tlenu cząsteczkowego w komórkach czynnych metabolicznie, prowadzi do wystąpienia zmian w bioluminescencji. Celem badań jest określenie możliwości wykorzystania emisji fotonowej do identyfikacji wybranych rodzajów drzew iglastych. Przeprowadzone badania wykazały możliwość wykorzystania emisji fotonowej do identyfikacji rodzaju drzew iglastych. Odnotowano różnicę w liczbie fotonów emitowanych przez wszystkie badane igły drzew iglastych, przy czym igły świerka pospolitego emitują najwyższą liczbę fotonów w porównaniu z igłami pozostałych gatunków. Różnice te, prawdopodobnie są związane z budową morfologiczną tych organów oraz zawartością chlorofilu.

Abstract. For many years, the country's forest area has been steadily increasing. As much as 68.3% of the species composition of forests are conifers. Needles can be used in forest biomonitoring. As early as ancient times, Greek researchers described the existence of the phenomenon we know today as bioluminescence. Biological systems emit very weak light without any external stimuli. The phenomenon of photon emission has been discovered in many microscopic as well as macroscopic systems. The source of specific electromagnetic radiation is every living organism. The presence of biomacromolecules and molecular oxygen in metabolically active cells, leads to the occurrence of changes in bioluminescence. The purpose of this research is to determine the possibility of using photon emission to identify selected types of conifers. The conducted research showed the possibility of using photon emission to identify the type of coniferous trees. There was a difference in the number of photons emitted by all the conifer needles studied, with common spruce needles emitting the highest number of photons compared to needles of other species. These differences, are probably related to the morphological structure of these organs and chlorophyll content. (**The use of photon emission for identify the type of coniferous trees**)

Słowa kluczowe: emisja fotonów, drzewa iglaste, igły iglaste

Keywords: photon emission, coniferous trees, coniferous needles

Wstęp

W końcu 2021 r. powierzchnia gruntów leśnych w Polsce wynosiła 9467,5 tys. ha. Lasy zajmowały obszar 9264,7 tys. ha, czyli 29,6% powierzchni kraju. Od wielu lat powierzchnia lasów ulega systematycznemu zwiększaniu. W końcu 2021 roku, w porównaniu ze stanem zanotowanym rok wcześniej, nastąpił jej wzrost o 4,4 tys. ha. Sukcesywne zwiększanie powierzchni lasów następuje w wyniku zalesiania gruntów nieleśnych użytkowanych rolniczo lub stanowiących nieużytki, jak również jest związane z ujawnianiem zalesień wykonanych w latach wcześniejszych oraz przekwalifikowaniem na lasy innych gruntów pokrytych roślinnością leśną w wyniku sukcesji naturalnej. Lasy i grunty leśne stanowią jeden z najważniejszych i najcenniejszych obiektów przyrodniczych objętych ochroną prawną. Aż 68,3% składu gatunkowego lasów stanowią drzewa iglaste. Do najczęściej występujących drzew iglastych zalicza się sosnę, świerka, jodłę oraz modrzew [1]. W biomonitoringu lasów mogą być wykorzystywane igły. Wieloletnim, typowym organem drzew iglastych jest igła. Wykazuje ona wiele przystosowań do środowiska życia, np. poprzez silnie zredukowaną powierzchnię parowania, grubą warstwę kulkutki czy aparaty szparkowe umieszczone w zgrubieniach epidermy. Morfologicznymi cechami charakterystycznymi igieł są np. jej długość, obecność i liczba aparatów szparkowych oraz zawartość chlorofilu. Długość igły to cecha, której pomiar jest najprostszym i nie wymaga posiadania specjalistycznego sprzętu analitycznego. Długość igieł jest uzależniona od wielu czynników i waha się w szerokich granicach, nawet w obrębie jednego drzewa, mimo, że wykazano genetyczne podłoże warunkujące wykształcenie się igieł o określonej długości, co jest cechą w wysokim stopniu odziedziczalną. W badaniach morfologicznych duży nacisk kładzie się też na rozmieszczenie i liczbę aparatów szparkowych, z uwagi na ich udział w procesie transpiracji. Liczba i wielkość aparatów szparkowych różni się między gatunkami. Cecha

ta jest zależna w dużym stopniu zarówno od uwarunkowań genetycznych, jak i od czynników zewnętrznych [2]. W badaniach dotyczących stanu drzew iglastych istotne jest również określenie zawartości chlorofilu. Chlorofile są podstawowymi cząsteczkami odpowiedzialnymi za pozyskiwanie energii słonecznej w fotosyntetycznych systemach antenowych oraz za separację ładunków i transport elektronów w centrach reakcji. Regulacja poziomu chlorofilu i jego pochodnych jest niezwykle ważna, ponieważ cząsteczki te są silnymi fotouczulaczami; to znaczy, że obecne w nadmiarze będą generować reaktywne formy tlenu, a one z kolei sprzyjają opóźnieniu wzrostu lub śmierci komórek. Dlatego, aby utrzymać zdrowy wzrost, rośliny muszą precyzyjnie kontrolować cały proces metabolizmu chlorofilu [3].

Już w starożytności greccy badacze opisywali istnienie zjawiska, którego intensywność była na tyle duża, że można było go obserwować gołym okiem. Dziś to zjawisko jest powszechnie znane jako bioluminescencja. Z bioluminescencją związana jest emisja fotonowa. Systemy biologiczne emitują bardzo słabe światło bez żadnych zewnętrznych bodźców. Zjawisko emisji fotonowej odkryto w wielu mikroskopowych jak i makroskopowych układach, w tym m.in. w układach lipidowych [4,5]. Metodę pomiaru emisji fotonów opracował Popp. Według niego źródłem swoistego promieniowania elektromagnetycznego, wyróżniającego się koherencją i niedużym natężeniem o długości fali w zakresie od 300 do 800 nm jest każdy organizm żywy. Mnogość biomakromolekuł i obecność tlenu cząsteczkowego w komórkach czynnych metabolicznie, prowadzi do wystąpienia zmian w bioluminescencji, co jest konsekwencją zachodzenia procesów utleniających. Emisja fotonowa odzwierciedla więc stan równowagi oksydoredukcyjnej komórki w stanie niezaburzonym [6,7]. Zmiany w obrębie tej emisji w zakresie powierzchniowego rozkładu luminescencji oraz innych parametrów świecenia takich jak kinetyka zmian intensywności, sumaryczne

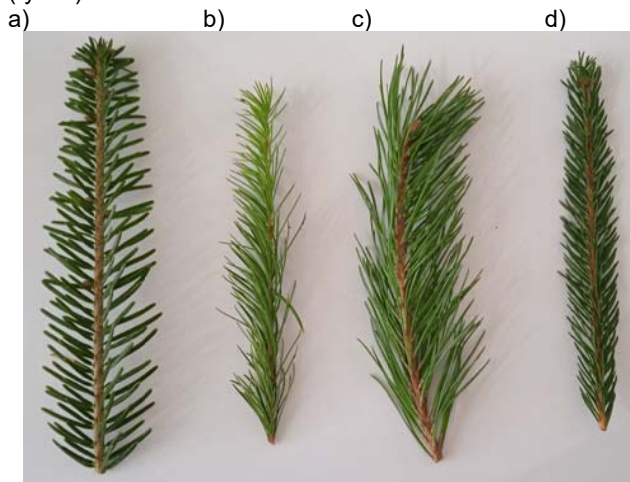
natężenie, rozkład spektralny oraz rozkład statystyczny liczby zmienianych impulsów w wybranym przedziale czasu wiąże się z cechami biochemicznymi oraz fizjologicznymi, co wynika ze zmian tych wartości pod wpływem wystąpienia stresu np. oksydacyjnego czy temperaturowego [8]. Analizując badania przeprowadzone przez Poppa i jego współpracowników można wykazać, że produkty charakteryzujące się wysokim poziomem emisji biofotonów są produktami wyższej jakości [6,7]. Do tej pory badania dotyczące emisji fotonowej skupiały się na jej wykorzystaniu do określania jakości produktów żywnościowych [9-15].

Autorzy skupiają się w artykule na możliwości wykorzystania emisji fotonowej do opracowania obiektywnej metody identyfikacji organizmów, nawet blisko spokrewnionych, na podstawie różnic morfologicznych organów i intensywności zachodzących procesów metabolicznych zachodzących w komórkach, których konsekwencją będzie zmiana intensywności emisji fotonowej.

Celem badań jest określenie możliwości wykorzystania emisji fotonowej do identyfikacji wybranych rodzajów drzew iglastych.

Materiały i metody

Do badań wykorzystano igły jodły pospolitej, sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i modrzewia europejskiego (rys. 1).



Rys. 1. Igły drzew iglastych wykorzystane w badaniach: a) jodła pospolita; b) modrzew europejski; c) sosna zwyczajna; d) świerk pospolity

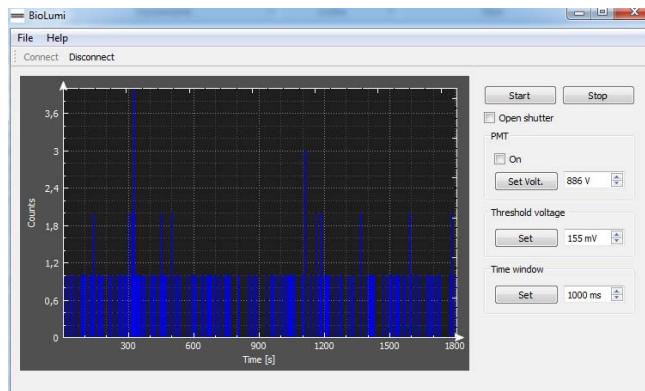
Pomiar emisji fotonowej wykonano wg akredytowanej przez PCA procedury pomiarowej w Laboratorium Eksperymentalnych Techniki Badawczych Produktów i Surowców Biologicznych. Do wyznaczenia emisji fotonów (rys. 2) wykorzystano metodę zliczania pojedynczych fotonów (Single Photon Counting) (rys. 3). Wynik pomiaru emisji fotonów stanowi bezwzględna różnica pomiędzy liczbą fotonów zarejestrowanych przez fotopowielacz w komorze światłoszczelnej z materiałem, a liczbą fotonów zarejestrowanych przez fotopowielacz w tej komorze bez materiału, zgodnie z zależnością 1:

$$(1) \quad L = A - B \text{ [impuls]}$$

gdzie: L – liczba fotonów emitowanych przez badaną próbkę, A - liczba fotonów emitowana przez próbkę umieszczoną w komorze światłoszczelnej, B – liczba wskazań (fotonów) generowana przez pustą komorę światłoszczelną



Rys. 2. Urządzenie do pomiaru emisji fotonowej



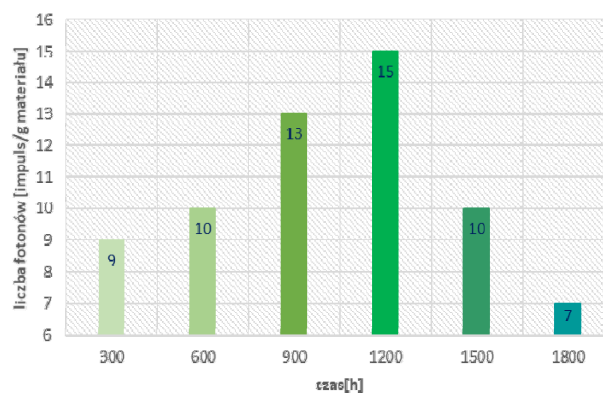
Rys. 3. Program używany do zliczenia fotonów

Materiał przed badaniami był stabilizowany termicznie. Do badania odważono po 5g jodły pospolitej, sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i modrzewia europejskiego. Pojedynczy pomiar emisji fotonów trwa 30 minut. Wartości emisji fotonowej przeliczono na 1g badanego materiału.

Wyniki

Zbadano właściwości luminescencyjne igieł jodły pospolitej, sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i modrzewia europejskiego. Rysunki 4 – 7 ilustrują liczbę fotonów emitowanych przez gram igieł badanych drzew iglastych, zarejestrowanych w poszczególnych odcinkach czasu pomiaru.

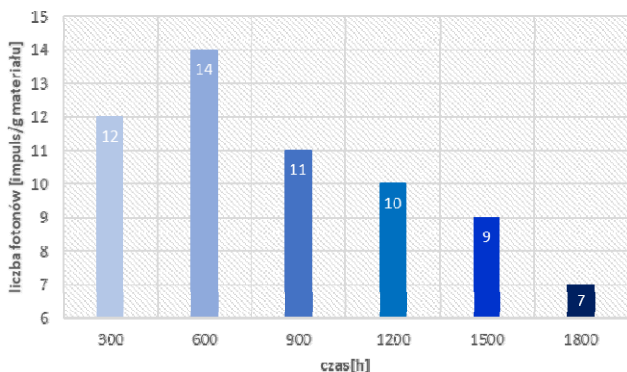
Emisja fotonowa igieł jodły pospolitej została przedstawiona na rysunku 4. Można zauważyć, że liczba zarejestrowanych fotonów wzrasta w ciągu pierwszych 1200 sekund pomiaru, a następnie maleje. Najwyższą wartość emisji fotonowej (15 impulsów/g materiału) uzyskano w 1200 sekundzie pomiaru natomiast najniższą (7 impulsów/g materiału) w 1800 sekundzie pomiaru. Największy przyrost liczby fotonów o 3 impulsy/g materiału odnotowano między 600 a 900 sekundą pomiaru.



Rys. 4. Wielkość emisji fotonowej igieł jodły pospolitej

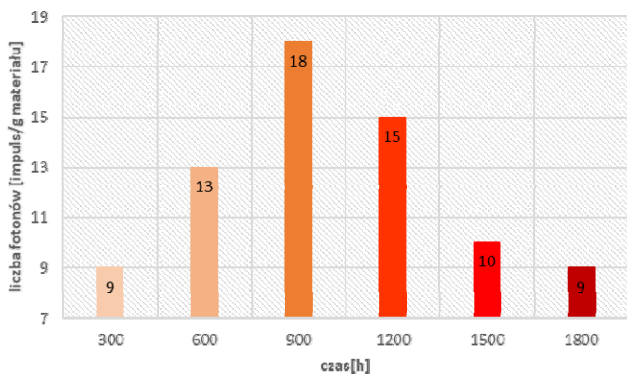
Rysunek 5 przedstawia emisję fotonową igieł sosny zwyczajnej. W tym przypadku można zaobserwować, że liczba zarejestrowanych fotonów wzrasta w ciągu

pierwszych 600 sekund pomiaru, a następnie gwałtownie maleje. Najwyższą wartość emisji fotonowej (14 impulsów/g materiału) uzyskano w 600 sekundzie pomiaru natomiast najniższą (7 impulsów/g materiału) w 1800 sekundzie pomiaru. Największy spadek liczby fotonów o 3 impulsy/g materiału odnotowano między 600 a 900 sekundą pomiaru.

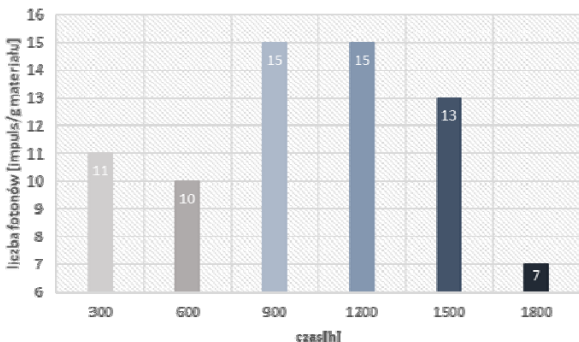


Rys. 5. Wielkość emisji fotonowej igieł sosny zwyczajnej

Kolejny rysunek (rys.6) przedstawia emisję fotonową igieł świerka pospolitego. Należy zauważyć, że tak jak w przypadku emisji fotonowej igieł jodły pospolitej, liczba zarejestrowanych fotonów wzrasta w ciągu pierwszych 900 sekund pomiaru, a następnie maleje. Najwyższą wartość emisji fotonowej (18 impulsów/g materiału) uzyskano w 900 sekundzie pomiaru natomiast najniższą (9 impulsów/g materiału) w 300 i 1800 sekundzie pomiaru. Największą różnicę liczby fotonów (o 3 impulsy/g materiału) odnotowano między 600 a 900 sekundą pomiaru oraz między 1200 a 1500 sekundą pomiaru.



Rys. 6. Wielkość emisji fotonowej igieł świerka pospolitego

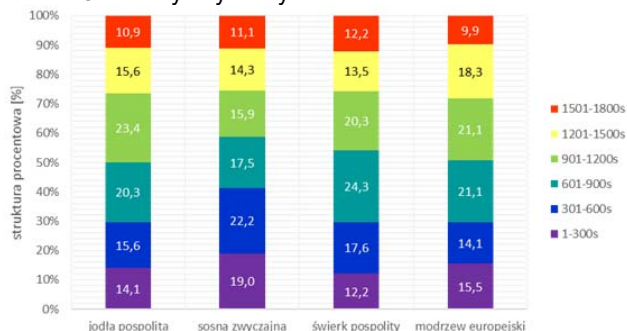


Rys. 7. Wielkość emisji fotonowej igieł modrzewia europejskiego

Rysunek 6 przedstawia emisję fotonową igieł modrzewia europejskiego. W tym przypadku można zaobserwować, że liczba zarejestrowanych fotonów maleje w ciągu pierwszych 600 sekund pomiaru, następnie gwałtownie wzrasta, by w końcowym czasie pomiaru zmaleć. Najwyższą wartość

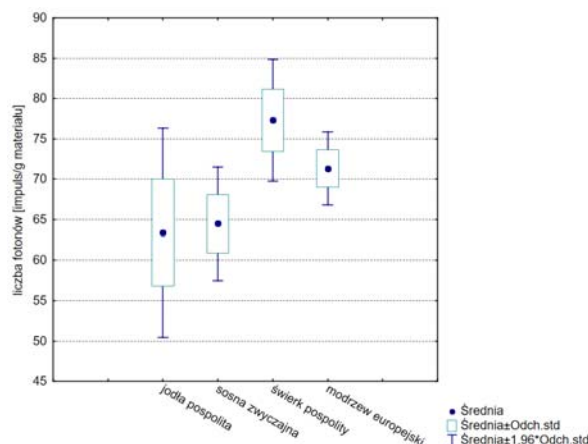
emisji fotonowej (15 impulsów/g materiału) uzyskano w 600 i 1200 sekundzie pomiaru, natomiast najniższą (7 impulsów/g materiału) w 1800 sekundzie pomiaru. Największy spadek liczby fotonów o 6 impulsy/g materiału odnotowano między 1500 a 1800 sekundą pomiaru.

Rysunek 8 ilustruje strukturę procentową emisji fotonów w poszczególnych przedziałach czasowych pomiarów odnotowaną dla igieł badanych drzew iglastych. Można zauważyć, że w większości przedziałów czasowych wartości procentowe są wyrównane. Najniższą wartość (9,9%) odnotowano dla igieł modrzewia europejskiego w przedziale czasowym 1500 - 1800s, natomiast największą (24,3%) wartość zarejestrowano dla igieł świerka pospolitego w przedziale czasowym 900 - 1200s. Należy zaznaczyć, że żaden z otrzymanych wyników nie stanowił ponad 25% liczby uzyskanych fotonów.



Rys. 8. Struktura emisji fotonowej uzyskana dla igieł poszczególnych drzew iglastych

Na rysunku 9 przedstawiono sumaryczną liczbę fotonów zarejestrowanych dla igieł poszczególnych drzew iglastych. Najniższą liczbę fotonów odnotowano dla igieł jodły pospolitej, która wyniosła 63 impulsy/g materiału, zaś najwyższą emisję fotonową stwierdzono dla świerka pospolitego, która wyniosła 77 impulsów/g materiału. Zauważono także, że wartości emisji fotonowej zarejestrowanej dla igieł jodły pospolitej i igieł sosny zwyczajnej są do siebie zbliżone, a różnica między odnotowaną liczbą fotonów wynosi zaledwie 1 impuls/g materiału. Podobną zbieżność zaobserwowano również w przypadku emisji fotonowej zarejestrowanej dla igieł modrzewia europejskiego i świerka pospolitego. W tym przypadku różnica między odnotowaną liczbą fotonów wyniosła 6 impulsów/g materiału.



Rys. 9. Wielkość emisji fotonowej poszczególnych organów drzew iglastych

Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), do której wykorzystano program Statistica 13 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Istotność różnic pomiędzy

średnimi została zweryfikowana testem Scheffe'go ($\alpha=0,05$). W tabeli 1 przedstawiono wyniki analizy wariancji. Wyodrębniono trzy grupy jednorodne wartości emisji fotonowej igieł badanych drzew iglastych. Do pierwszej grupy jednorodnej zaliczono wartość emisji fotonowej igieł jodły pospolitej i sosny zwyczajnej. W drugiej grupie jednorodnej znalazła się liczba fotonów igieł modrzewia europejskiego. Natomiast trzecią grupę stanowiła emisja fotonowa zarejestrowana dla igieł świerka pospolitego. Świadczy to o zróżnicowaniu emisji fotonowej między grupami jednorodnymi igieł badanych drzew iglastych.

Tabela 1. Wielkość emisji fotonowej poszczególnych organów drzew iglastych

Materiał badawczy	Liczba fotonów [impuls/g]
igły jodły pospolitej	63,4 ^a
igły sosny zwyczajnej	64,5 ^a
igły modrzewia europejskiego	71,3 ^b
igły świerka pospolitego	77,3 ^c

- obliczenia wykonane na poziomie istotności $\alpha=0,05$

a – pierwsza grupa jednorodna, b – druga grupa jednorodna, c – trzecia grupa jednorodna

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały możliwość wykorzystania emisji fotonowej do identyfikacji rodzaju drzew iglastych. Odnotowano różnicę w liczbie fotonów emitowanych przez wszystkie badane igły drzew iglastych, przy czym igły świerka pospolitego emitują najwyższą liczbę fotonów w porównaniu z igłami pozostałych gatunków. Różnice te, prawdopodobnie są związane z budową morfologiczną tych organów oraz zawartością chlorofilu.

Sfinansowano z subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie na rok 2022.

Autorzy: dr hab. inż. Paweł Kielbasa, prof. URK Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Balicka 116B, 30-149 Kraków, E-mail: pawel.kielbasa@urk.edu.pl; dr inż. Tomasz Drózd, prof. URK Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Balicka 116B, 30-149 Kraków, E-mail: tomasz.drozd@urk.edu.pl; Maroš Korenko, Slovak University of Agriculture in Nitra Faculty of Engineering Department of Quality and Engineering Technologies Nitra, Slovakia, E-mail: korenko@mech.uniag.sk

LITERATURA

- [1] Główny Urząd Statystyczny
- [2] Chudzinska, E. (2010). Wykorzystanie analiz morfologicznych w diagnozowaniu stanu zdrowotnego drzew iglastych. Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach, (04), 20-30.
- [3] Tanaka, A., & Tanaka, R. (2006). Chlorophyll metabolism. Current Opinion in Plant Biology, 9(3), 248–255. doi:10.1016/j.pbi.2006.03.011
- [4] Borc R., Jaśkowska A., Dudziak A., Ultraślaba emisja fotonowa z układów żywych, Politechnika Lubelska (2015), ISBN 978-83-7947-164-5
- [5] Laager F.M., Becker N.M., Park S.H., Soh K.S., Effects of Lac operon activation, deletion of the Yhha gene, and the removal of oxygen on the ultraweak photon emission of Escherichia coli, Electromagnetic Biology and Medicine, (2009), 28 pp. 240– 249.
- [6] Popp, F.A., 1979: Photon storage in biological systems. W: Electromagnetic Bioinformation. Proceedings of the Symposium, (Eds.) E.A. Popp, G. Becker, H. L.König i W. Peschka, 123- 149. Marburg, 5 September 1977. Miinchen :Urban Schwzenberg.
- [7] Popp , F.A., 1983.: Electromagnetic control of cell processes. W : Proceedings of International Symposium on Wave Therapeutics. Interaction of Non-Ionizing Electromagnetic Radiation with Living Systems, (Ed) Z. W. Wolkowski, 60-94, Versailles, May 19-20, 1979. Paris.
- [8] Kobayashi M., Takeda M., Sato T., Yamazaki Y., Kaneko K., Ito K.-I., Kato H., Inaba H., In vivo imaging of spontaneous ultraweak photon emission from a rat's brain correlated with cerebral energy metabolism and oxidative stress, Neuroscience Research, 1999, 34 pp. 103-113.
- [9] Cifra M., Pospisil P. Ultra-weak photon emission from biological samples: Definition, mechanisms, properties, detection and applications, J. Photochem. Photobiol. B: Biol. (2014).
- [10] Kielbasa P., Drózd T., Nawara P., Drózd M., Trzyniec K. 2018. Assessment of the potential of using photon emission to identify selected qualitative features of organic matter. Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE). Raclawice, Poland, Page s: 117 – 120, DOI: 10.1109/PTZE.2018.8503186.
- [11] Kharchenko, S., Borshch, Y., Kovalyshyn, S., Piven, M., Abduev, M., Miernik, A., Popardowski, E., Kielbasa, P. Modeling of aerodynamic separation of preliminarily stratified grain mixture in vertical pneumatic separation duct (2021) Applied Sciences (Switzerland), 11 (10), art. no. 4383.
- [12] Nawara, P., Trzyniec, K., Drózd, T., Popardowski, E., Juliszewski, T., Zagórda, M., Miernik, A. Analysis of the possibility of identifying the quality parameters of the oil using ultra-weak secondary luminescence (2020) Przegląd Elektrotechniczny, 96 (2), pp. 117-120.
- [13] Popardowski, E., Miernik, A., Drózd, T., Tabor, S., Kielbasa, P. The effect of short-term Gram-positive and Gram-negative bacteria exposition of using a variable electromagnetic field (2020) Przegląd Elektrotechniczny, 96 (2), pp. 129-132.
- [14] Oziembłowski, M., Nawirska-Olszańska, A., Maksimowski, D., Trenka, M., Break, A., Kulig, D., Miernik, A. The effect of concentrated microwave field (Cmf) on selected physical and rheological properties of liquid egg products (2021) Applied Sciences (Switzerland), 11 (4), art. no. 1832, pp. 1-19.
- [15] Gałązka-Czarnecka, I.; Korzeniewska, E.; Czarnecki, A.; Sójka, M.; Kielbasa, P.; Drózd, T. Evaluation of Quality of Eggs from Hens Kept in Caged and Free-Range Systems Using Traditional Methods and Ultra-Weak Luminescence. Appl. Sci. 2019, 9, 2430. https://doi.org/10.3390/app9122430