

dr hab. Hazem M. Kalaji
prof. nadzw. SGGW

Szkoła Główna Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie,

Wydział Rolnictwa i Biologii,

Katedra Fizjologii Roślin

Tel. 664 94 34 84

hazem@kalaji.pl



BIO

Dr hab. Hazem M. Kalaji w roku 1983 ukończył studia na Akademii Rolniczej w Aleppo, Syria. W roku 1993 w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie uzyskał **z wyróżnieniem** stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność fizjologia roślin. Na Wydziale Rolnictwa i Biologii tej samej uczelni uzyskał w 2013 stopień doktora habilitowanego w zakresie agronomii wraz **z uznaniem** ze strony Rady Wydziału. Dr hab. M.H. Kalaji, prof. nadzwyczajny SGGW, należy do grupy uznanych specjalistów w zakresie fizjologii roślin, a w szczególności w zakresie procesu fotosyntezy. Prowadzone badania dotyczą: funkcjonowania, bioenergetyki oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego roślin, produktywności aparatu asymilacyjnego roślin, reakcji roślin na stresory abiotyczne i biotyczne, fluorescencji chlorofilu i wymiany gazowej roślin. W ostatnich latach, prowadzi badania w kierunku **tworzenia innowacyjnych rozwiązań** dla rolnictwa i ochrony środowiska bazujących na połączeniu mowy roślin (ang. *Plant talk*) z systemami uczącymi się (ang. *Machine learning*). Dr hab. Kalaji jest członkiem licznych organizacji międzynarodowych i prelegentem licznych konferencji i sympozjów naukowych z dorobkiem publikacji, którymi mógłby obdzielić kilku pracowników naukowych. Dorobek naukowy Hazema M. Kalaji o łącznej punktacji **ok. 3000** punktów wg. punktacji MNiSW oraz sumarycznym Impact Factor (IF) ponad **200** stanowi **171** opracowań naukowych, w tym **5** monografii (2 w jęz. polskim, i po 1 we włoskim, rosyjskim i angielskim) oraz **23** rozdziały w monografiach. Według bazy danych Web of Knowledge jego Indeks Hirscha wynosi **23**. W latach 2013-2015 dr hab. Kalaji był profesorem wizytującym w Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences w Chinach. Dr hab. M.H. Kalaji jest **Wiceprzewodniczącym panelu Działania Marii Skłodowskiej-Curie (MSCA) w Komisji Europejskiej w Brukseli (H2020)** i jest ekspertem do oceny projektów programu **Erasmusa** (ang. *Erasmus Mundus Joint Master Degrees*) oraz **przyznania logo jakości** dla wyższych europejskich uczelni (ang. *HR Excellence in Research*). W ramach kontaktów międzynarodowych, nawiązywał współpracę z kilkudziesięcioma instytucjami i uczelniami z całego świata (np. z Indii, Chin, Szwajcarii, USA, Brazylii, Hiszpanii, Iranu, Jordanii, Egiptu, Arabii Saudyjskiej, Włoch i wielu innych). Dr hab. Kalaji recenzował kilka prac habilitacyjnych i doktorskich polskich i zagranicznych, ponad **700** projektów krajowych i międzynarodowych oraz ponad **100** prac naukowych w czasopiśmie światowych. Jest również redaktorem kilku międzynarodowych czasopism.

Obecnie, czeka na nadanie tytułu profesora tytularnego w zakresie nauk biologicznych przez Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów (CK).

LICZBOWE PODSUMOWANIE DOROBKU

Dorobek	Przed habilitacją (Do 2013)	Po habilitacji (2013-2018)	Suma
Suma Punktów MNiSW	560	2275,22	2835.22
Sumaryczny Współczynnik Wpływu Impact Factor (IF)	27.572	158,781	186.353
Index H. (Hirscha)	3	20	23
Liczba cytowań Wg ISI Web of Science	46	1278	1324
Monografie	4	2	6
Rozdziały monografii	12	8	20
Publikacje z listy A MNiSW	16	61	77
Publikacje z listy B MNiSW	2	17	19
Publikacje spoza list A i B oraz popularno-naukowych	24	12	36
Członkostwo w redakcjach naukowych	1	9	10
Referaty na sesjach plenarnych (po ang. i pol.)	27	27	54
Postery (po ang. i pol.)	32	41	73
Członkostwo w Radach Naukowych i Komisjach	-	5	5
Koordynator lub kierownik projektu	1	3	4
Wykonawca w projektach naukowo-badawczych (krajowe, europejskie i inne międzynarodowe)	1	7	8
Recenzja wniosków dotyczących projektów krajowych, Europejskich i międzynarodowych	357	349	706
Recenzowanie prac publikowanych w czasopismach międzynarodowych posiadających IF	33	98	121
Przeprowadzone lub prowadzone wykłady i seminaria naukowe (krajowe i zagranicą)	34	10	44
Doktoraty obronione	-	5	5
Doktoraty z wszczętym przewodem doktorskim	-	5	5
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	7	4	11
Organizacja seminariów i warsztatów naukowych	8	10	18
Staże zagraniczne	4	1	5

A. INFORMACJE O OSIĄGNIĘCIACH I DOROBKU NAUKOWYM

I. Informacja o osiągnięciach i dorobku naukowym

1. Wykaz autorskich publikacji naukowych w czasopismach krajowych i międzynarodowych

nie dotyczy

2. Wykaz autorskich monografii

Lp.	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW
2.1 Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego		
2.1.1	Kalaji MH (2011) Oddziaływanie abiotycznych czynników stresowych na fluorescencję chlorofilu w roślinach wybranych odmian jęczmienia <i>Hordeum vulgare</i> L. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2011	20

3. Wykaz współautorskich publikacji naukowych i udział w opracowaniach zbiorowych

a) Lista A MNiSW

Lp.	Dane bibliograficzne	IF _{5lat}	Punkty MNiSW	Liczba cytowań (bez autocytowań) do 30.08.2018
3.1 Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego				
3.1.1	Kalaji MH, Goltsev V, Bosa K, Allakhverdiev SI, Strasser RJ, Govindjee (2012) Experimental in vivo measurements of light emission in plants: a perspective dedicated to David Walker. <i>Photosynth Res</i> 114: 69–96	3,570	35	57
3.1.2	Kalaji MH, Carpentier R, Allakhverdiev SI, Bosa K (2012) Fluorescence parameters as early indicators of light stress in barley. <i>J. Photochem. Photobiol. B: Biol.</i> 112: 1–6	2,814	20	54
3.1.3	Brestic M, Zivcak M, Kalaji MH, Carpentier R, Allakhverdiev SI (2012) Photosystem II thermostability <i>in situ</i> : environmentally induced acclimation and genotype-specific reactions in <i>Triticum aestivum</i> L. <i>Plant Physiol. Biochem.</i> 57: 93–105	3,051	35	68
3.1.4	Omar SA, Elsheery NI, Kalaji HM, Xu Z-F, Song-Quan S, Carpentier R, Lee C-H, Allakhverdiev SI (2012) Dehydroascorbate reductase and glutathione reductase play an important role in scavenging hydrogen peroxide	1,03	20	5

	during natural and artificial dehydration of <i>Jatropha curcas</i> seeds J. Plant Biol. 55: 469–480			
3.1.5	Goltsev V, Zaharieva I, Chernev P, Kouzmanova M, Kalaji MH, Yordanov I, Krasteva V, Alexandrov V, Stefanov D, Allakverdiev S, Strasser RJ (2012) Drought-induced modifications of photosynthetic electron transport in intact leaves: Analysis and use of neural networks as a tool for a rapid non-invasive estimation. Biochim. Biophys. Acta, Bioenerg. 1817: 1490–1498	4,764	35	63
3.1.6	Kalaji MH, Govindjee, Bosa K, Kościelniak J., Żuk-Golaszewska K., 2011. Effects of salt stress on Photosystem II efficiency and CO ₂ assimilation of two Syrian barley landraces. Environ. Exp. Bot. 73: 64–72	3,529	40	105
3.1.7	Kalaji MH, Bosa K, Kościelniak J, Hossain Z (2011) Chlorophyll a fluorescence - A useful tool for the early detection of temperature stress in spring barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.). OMICS: A Journal of Integrative Biology 15: 925–934	2,52	25	35
3.1.8	Kościelniak J, Ostrowska A, Biesaga-Kościelniak J, Filek W, Janeczko A, Kalaji MH, Stalmach K (2011) The effect of zearalenone on PSII photochemical activity and growth in wheat and soybean under salt (NaCl) stress. Acta Physiologia Plantarum 33:2329–2338	1,732	25	5
3.1.9	Swoczyna T, Kalaji MH, Pietkiewicz S, Borowski J, Zaraś-Januszkiewicz E (2010) Photosynthetic apparatus efficiency of eight tree taxa as an indicator of their tolerance to urban environments. Dendrobiology 63: 65–75	0,602	20	15
3.1.10	Romanowska-Duda ZB, Grzesik M, Kalaji MH (2010) Physiological activity of energy plants fertilized with sewage sludge and usefulness of the Phytotoxic test in practice. Environment Protection Engineering 36 (1): 73–81	0,41	15	5

3.1.11	Tuba Z, Saxena DK, Srivastava K, Singh S, Czebol S, Kalaji MH (2010) Chlorophyll <i>a</i> fluorescence measurements for validating the tolerant bryophytes for heavy metal (Pb) biomapping. <i>Current Science</i> 98 (11): 1505–1508	1,04	30	23
3.1.12	Kościełniak J, Biesaga-Kościełniak J, Janeczko A, Filek W, Kalaji MH (2009) Can the Giberella zeae toxin zearalenone affect the photosynthetic productivity and increase yield formation in spring wheat and soybean plants? <i>Photosynthetica</i> 4 (47): 586–594	1,22	25	4
3.1.13	Kalaji HM, Łoboda T (2007) Photosystem II of barley seedlings under cadmium and lead stress. <i>Plant Soil and Environment</i> 53: 511–516	1,279	25	35
3.1.14	Chołuj D, Kalaji MH, Niemyska B (1997) Analysis of the gas exchange components in chilled tomato plants. <i>Photosynthetica</i> 34, 583–589	1,22	25	7
3.1.15	Kalaji MH, Pietkiewicz S (1993) Salinity effects on plant growth and other physiological processes. <i>Acta Physiologiae Plantarum</i> 15, 89–124	1,732	25	50
3.1.16	Kalaji MH, Nalborczyk E (1991) Gas exchange of barley seedlings growing under salinity stress. <i>Photosynthetica</i> 25, 197–202	1,22	25	25
3.2 Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego				
3.2.1	Kalaji HM, Račková L, Paganová V, Swoczyna T, Rusinowski S, Sitko K (2018) Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in <i>Tilia cordata</i> Mill.? <i>Environ. Exp. Bot.</i> 152: 149-157	4,218	40	2
3.2.2	Psidova E, Zivcak M, Stojnic S, Orlovic S, Gomory D, Kucerova J, Ditmarova L, Strelcova K, Brestic M, Kalaji HM (2018) Altitude of origin influences the responses of PSII photochemistry to heat waves in European beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.). <i>Environmental and Experimental Botany</i> 152, 97-106	4,218	40	1
3.2.3	Helaly M.N., El-Sheery N.I., El-Hoseiny H., Rastogi A., Kalaji H.M., Zabochnicka-Świątek M. (2018) Impact of treated wastewater and salicylic acid on physiological performance, malformation and yield of two mango cultivars. <i>Scientia Horticulturae</i> 233: 159-177	1,785	35	1
3.2.4	Kowalczyk K., Sieczko L., Goltsev V., Kalaji H.M., Gajc-Wolska J., Gajewski M., Gontar Ł. Orliński P., Niedzińska M., Cetner M.D. (2018) Relationship between chlorophyll fluorescence parameters and quality of the fresh and stored lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.). <i>Scientia Horticulturae</i> 235: 70–77	1,785	35	-
3.2.5	Samborska I.A., Kalaji H.M., Sieczko L., Goltsev V.,	3,388	35	-

	Borucki W., Jajoo A. (2018) Structural and functional disorder in the photosynthetic apparatus of radish plants under magnesium deficiency. <i>Functional Plant Biology</i> 45(6): 668-679			
3.2.6	Mihailova G., Kocheva K., Goltsev V., Kalaji H.M., Georgieva K. (2018) Application of a diffusion model to measure ion leakage of resurrection plant leaves undergoing desiccation. <i>Plant Physiology and Biochemistry</i> 125 (2018) 185–192 https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.008	3,096	35	-
3.2.7	Keča N., Tkaczyk M., Żółciak A., Stocki M., Kalaji H.M., Nowakowska J., Oszako T. (2018) Survival of European Ash Seedlings Treated with Phosphite after Infection with the <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> and <i>Phytophthora</i> Species. <i>Forests</i> 9(8): 442 https://doi.org/10.3390/f9080442	1,951	30	-
3.2.8	Kalaji H.M., Rastogi A., Zivcak M., Brestic M., Daszkowska-Golec A., Sitko K., Alsharafa K.Y., Lotfi R., Stypiński P., Samborska I.A., Cetner M.D. (2018) Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors. <i>Photosynthetica</i> 56 (3): 953-961	1,507	25	-
3.2.9	Olechowicz J., Chomontowski C., Olechowicz P., Pietkiewicz S., Jajoo A. Kalaji H.M. (2018) Impact of intraspecific competition on photosynthetic apparatus efficiency in potato (<i>Solanum tuberosum</i>) plants. <i>Photosynthetica</i> 56 (3): 971-975	1,507	25	-
3.2.10	Lotfi R., Kalaji H.M., Valizadeh G.R., Khalilvand Behrozyar R., Hemati A., Gharavi-Kochebagh P., Ghassemi A. (2018) Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions. <i>Photosynthetica</i> 56 (3): 962-970	1,507	25	-
3.2.11	Kalaji H.M., Pathom-aree W., Lotfi R., Balaji P., Elshery N., Górská E.B., Swiatek M., Horaczek T., Mojski J., Kociel H., Rytel M.M., Yoosathaporn S. (2018) Effect of Microbial Consortia on Photosynthetic Efficiency of <i>Arabidopsis thaliana</i> under drought stress. <i>Chiang Mai J. Sci.</i> 45(1): 1-10	0,45	20	-
3.2.12	Zabochnicka-Świątek M., Krzywonos M., Kalaji HM. (2018) Influence of clinoptilolite on the efficiency of heavy metal removal from wastewater by <i>C. vulgaris</i> . <i>Desalination and Water Treatment</i> (2018) 1-9 doi: 10.5004/dwt.2018.22034	1,631	20	-

3.2.13	Alkhsabah I.A., Alsharafa K.Y., Kalaji, H.M. (2018) Effects of abiotic factors on internal homeostasis of <i>Mentha spicata</i> leaves. Applied Ecology and Environmental Research 16(3): 2537-2564	0,681	15	-
3.2.14	Boguszewska-Mańkowska D., Pieczyński M., Wyrzykowska A., Kalaji H.M., Sieczko L., Szweykowska-Kulińska Z., Zagdańska B. (2018) Divergent strategies displayed by potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) cultivars to cope with soil drought. Journal of Agronomy and Crop Science 204: 13-30	2,727	35	-
3.2.15	Kalaji H.M., Bąba W., Gediga K., Goltsev V., Samborska I.A., Cetner M.D., Dimitrova S., Piszcz U., Bielecki K., Karmowska K., Dankov K., Kompała-Bąba A. (2018) Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. Photosynthesis Research 136(3): 329-343 https://doi.org/10.1007/s11120-017-0467-7	3,62	40	-
3.2.16	Sitko K., Rusinowski S., Kalaji H.M., Szopiński M., Małkowski E. (2017) Photosynthetic Efficiency as Bioindicator of Environmental Pressure in <i>A. halleri</i> . Plant Physiology 175 (1): 290-302 DOI:10.1104/pp.17.00212	8,030	45	2
3.2.17	Pogrzeba M., Rusinowski S., Sitko K., Krzyżak J., Skalska A., Małkowski E., Ciszek D., Werle S., McCalmont J.P., Mos M., Kalaji H.M. (2017) Relationships between soil parameters and physiological status of <i>Miscanthus x giganteus</i> cultivated on soil contaminated with trace elements under NPK fertilisation vs. microbial inoculation. Environmental Pollution 225: 163-174	5,008	40	4
3.2.18	Cetner M.D., Kalaji H.M., Goltsev V., Aleksandrov V., Kowalczyk K., Borucki W., Jajoo A. (2017) Effects of nitrogen-deficiency on efficiency of light-harvesting apparatus in radish. Plant Physiology and Biochemistry 119: 81-92	3,096	35	2
3.2.19	Dąbrowski P., Kalaji M.H., Baczewska A.H., Pawluśkiewicz B., Mastalerczuk G., Borawska-Jarmułowicz B., Paunov M., Goltsev V. (2017) Delayed chlorophyll a fluorescence, MR820, and gas exchange changes in perennial ryegrass under salt stress. Journal of Luminescence 183: 322–333	2,541	35	8
3.2.20	Helaly, M.N., El-Hoseiny, H., El-Sheery N.I., Rastogi A., Kalaji H.M. (2017) Regulation and physiological role of silicon in alleviating drought stress of mango. Plant Physiology and Biochemistry 118: 31-44	3,096	35	5
3.2.21	Kula M., Kalaji H.M., Skoczowski A. (2017) Culture density influence on the photosynthetic efficiency of	3,188	30	-

	microalgae growing under different spectral compositions of light. Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology, 167: 290–298			
3.2.22	Panchal BM, Kalaji HM (2017) Synthesis and Use of a Catalyst in the Production of Biodiesel from Pongamia Pinnata Seed Oil with Dimethyl Carbonate. International Journal of Green Energy 14:7 624-631 DOI: 10.1080/15435075.2017.1313739	1,76	25	1
3.2.23	Grzesik M., Romanowska-Duda Z., Kalaji H.M. (2017) Effectiveness of cyanobacteria and green algae in enhancing the photosynthetic performance and growth of willow (<i>Salix viminalis</i> L.) plants under limited synthetic fertilizers application. Photosynthetica 55 (3): 510-521	1,507	25	1
3.2.24	Mastalerczuk G., Borawska-Jarmułowicz B., Kalaji H.M., Dąbrowski P., Paderewski J. (2017) Gas-exchange parameters and morphological features of festulolium (<i>Festulolium braunii</i> K. Richert A. Camus) in response to nitrogen dosage. Photosynthetica 55 (1): 20-30	1,507	25	5
3.2.25	Podlaski S., Pietkiewicz S., Chołuj D., Horaczek T., Wiśniewski G., Gozdowski D., Kalaji M.H. (2017). The relationship between the soil water storage and water-use efficiency of seven energy crops, Photosynthetica 55 (2): 210-218	1,507	25	2
3.2.26	Kalaji M. H, Rastogi A. (2017) Pharmaceutical Compounds: An Emerging Pollutant (A Review on Plant-pharmaceuticals Interaction). Chiang Mai J. Sci. 44(2): 287-297	0,45	20	-
3.2.27	Mastalerczuk G., Borawska-Jarmułowicz B., Kalaji H.M. (2017) Response fo Kentucky Bluegrass Lawn Plants to Drought Stress At Early Growth Stages. Pak. J. Agri. Sci. 54(4): 811-817	0,609	20	-
3.2.28	Mastalerczuk G., Borawska-Jarmułowicz B., Kalaji H.M., Dąbrowski P., Gozdowski D. (2017) Some Physiological Parameters, Biomass Distribution and Carbon Allocation in Roots of Forage Grasses Growing under Different Nitrogen Dosages. Chiang Mai J. Sci. 44(4): 1286-1294	0,45	20	-

3.2.29	Siddiqui M.H., Alamri S.A., Al-Khaishany M.Y., Al-Qutami M.A., Ali H.M., Kalaji H.M. (2017) Exogenous Application of Nitric Oxide and Spermidine Induces Tolerance of Tomato to Salt Stress by Regulating Defense Mechanisms. <i>Horticulture Environment and Biotechnology</i> 58 (6): 537-547	0,812	20	-
3.2.30	Kalaji H.M., Dąbrowski P., Cetner M.D., Samborska I.A., Łukasik I., Brestic M., Zivcak M., Horaczek T., Mojski J., Kociel H., Balaji P.M. (2017) A comparison between different chlorophyll content meters under nutrient deficiency conditions. <i>Journal of Plant Nutrition</i> , 40 (7): 1024-1034	0,68	15	3
3.2.31	Kalaji, H.M., Schansker, G., Brestic, M. et al. (2017) Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. <i>Photosynth Res</i> 132: 13–66	3,62	40	40
3.2.32	Mazur R., Sadowska M., Kowalewska Ł., Abratowska A., Kalaji H.M., Mostowska A., Garstka M., Krasnodębska-Ostręga B. (2016) Overlapping toxic effect of long term thallium exposure on white mustard (<i>Sinapis alba</i> L.) photosynthetic activity. <i>BMC Plant Biol.</i> 16: 191	4,802	40	2
3.2.33	Kalaji H.M., Sytar O., Brestic M., Samborska I.A., Cetner M.D., Carpentier C. (2016) Risk Assessment of Urban Lake Water Quality Based on in-situ Cyanobacterial and Total Chlorophyll-a Monitoring. <i>Pol. J. Environ. Stud.</i> 25 (2): 1–7	0,888	15	4
3.2.34	Dąbrowski P., Baczewska A.H., Pawluśkiewicz B., Paunov M., Alexandrov V., Goltsev V., Kalaji M.H. (2016) Prompt chlorophyll a fluorescence as a rapid tool for diagnostic changes in PSII structure inhibited by salt stress in Perennial ryegrass. <i>J. Photochem. Photobiol. B, Biol.</i> 157: 22–31	3,133	30	-
3.2.35	Goltsev V., Kalaji M.H., Paunov M., Bąba W., Horaczek T., Mojski J., Kociel H., Allahverdiev S.I. (2016) Using a variable chlorophyll fluorescence for evaluation of physiological state photosynthetic apparatus plants. <i>Russ J Plant Physiol</i> , 63 (5): 1–28	0,753	20	19
3.2.36	Janeczko A., Gruszka D., Pocięcha E., Dziurka M., Filek M., Jurczyk B., Kalaji H.M., Kocurek M., Waligórski P. (2016) Physiological and biochemical characterisation of watered and drought-stressed barley mutants in the HvDWARF gene encoding C6-oxidase involved in brassinosteroid biosynthesis. <i>Plant Physiol and Bioch</i> 99: 126–141	3,33	35	21

3.2.37	Kalaji H.M., Jajoo A., Oukarroum A., Brestic M., Zivcak M., Samborska A., Cetner M.D., Łukasik I., Goltsev V., Ladle R.J. (2016) Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. <i>Acta Physiol Plant</i> 38:102	1,584	25	86
3.2.38	Mathur S., Kalaji H.M., Jajoo A. (2016) Investigation of deleterious effects of chromium phytotoxicity and photosynthesis in wheat plant. <i>Photosynthetica</i> 54 (2): 185–192	1,403	25	17
3.2.39	Helaly M.N., El-Hosieny H., Elsheery N.I., Kalaji H.M. (2016) Effect of biofertilizers and putrescine amine on the physiological features and productivity of date palm (<i>Phoenix dactylifera</i> , L.) grown on reclaimed-salinized soil. <i>Trees</i> 30 (4): 1149–1161	1,651	35	1
3.2.40	Bąba W, Kalaji HM, Kompala-Bąba A, Goltsev V (2016) Acclimatization of Photosynthetic Apparatus of Tor Grass (<i>Brachypodium pinnatum</i>) during Expansion. <i>PLOS ONE</i> 11(6): e0156201	3,7	40	4
3.2.41	Brestic M., Zivcak M., Kunderlikova K., Sytar O., Shao H., Kalaji M.H., Allakhverdiev S.I. (2015) Low PSI content limits the photoprotection of PSI and PSII in early growth stages of chlorophyll b-deficient wheat mutant lines. <i>Photosynth Res</i> 125(1-2):151-66 DOI 10.1007/s11120-015-0093-1	3,570	40	45
3.2.42	Koprowski M., Robertson I., Wils T.H.G., Kalaji H.M. (2015) The application of potato starch effluent causes a reduction in the photosynthetic efficiency and growth of Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.). <i>Trees- Structure and Function</i> 29: 1471–1481	1,928	35	4
3.2.43	Dąbrowski P., Pawluśkiewicz B., Baczewska A.H., Ogłęcki P., Kalaji H.M. (2015) Chlorophyll <i>a</i> fluorescence of perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.) varieties under long term exposure to shade. <i>Zemdirbyste-Agriculture</i> 102 (3): 305–312	0,47	20	19
3.2.44	Osman G.H., Assem S.K., Alreedy R.M., El-Ghareeb D.K., Basry M.A., Rastogi A., Kalaji H.M. (2015) Development of insect resistant maize plants expressing a chitinase gene from the cotton leaf worm, <i>Spodoptera littoralis</i> . <i>Scientific Reports</i> 5:18067	5,6	40	4
3.2.45	Oukarroum A, Bussotti F, Goltsev V, Kalaji MH (2015) Correlation between reactive oxygen species production and photochemistry of photosystems I and II in <i>Lemna gibba</i> L. plants under salt stress. <i>Environ. Exp. Bot.</i> 109: 80–88	3,75	40	49

3.2.46	Rapacz M., Sasal M., Kalaji H.M., Kościelniak J. (2015) Is the OJIP Test a Reliable Indicator of Winter Hardiness and Freezing Tolerance of Common Wheat and Triticale under Variable Winter Environments? PLOS ONE 10(7): e0134820; tps://doi.org/10.1371/journal.pone.0134820	3,70	40	6
3.2.47	Swoczyna T., Kalaji H.M., Pietkiewicz S., Borowski J. (2015) Ability of various tree species to acclimation in urban environments probed with the JIP-test. Urban for Urban Gree 14(3): 544–553	2,72	40	3
3.2.48	Borawska-Jarmułowicz B, Mastalerczuk G, Kalaji MH, Carpentier R, Pietkiewicz S, Allakhverdiev SI (2014) Photosynthetic efficiency and survival of <i>Dactylis glomerata</i> and <i>Lolium perenne</i> following low temperature stress. Russ J Plant Physiol 61(3): 281-288. DOI: 10.7868/S001533031403002	0,73	20	4
3.2.49	Borawska-Jarmułowicz B, Mastalerczuk G, Pietkiewicz S., Kalaji MH (2014) Low temperature and hardening effects on photosynthetic apparatus efficiency and survival of forage grass varieties. Plant Soil Environ, 60, 177–183	1,279	30	12
3.2.50	Bosa K, Jadczyk-Tobjasz E, Kalaji MH, Majewska M, Allakhverdiev SI (2014) Evaluating the effect of rootstocks and potassium level on photosynthetic productivity and yield of pear trees. Russ J Plant Physiol, Vol. 61 (2): 231–237	0,73	20	2
3.2.51	Brestic M, Zivcak M, Olsovska K, Hong-Bo S, Kalaji MH, Suleyman IA (2014) Reduced glutamine synthetase activity plays a role in control of photosynthetic responses to high light in barley leaves. Plant Physiol Bioch 81: 74–83	3,051	35	26
3.2.52	Kalaji MH, Schansker G, Ladle RJ, Goltsev V, Bosa K, Allakhverdiev SI, Brestic M, Bussotti F, Calatayud A, Dąbrowski P, Elsheery NI, Ferroni L, Guidi L, Hogewoning SW, Jajoo A, Misra AN, Nebauer SG, Pancaldi S, Penella C, Poli DB, Pollastrini M, Romanowska-Duda ZB, Rutkowska B, Serôdi J, Suresh K, Szulc W, Tambussi E, Yannicari M, Zivcak M (2014) Frequently Asked Questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. Photosynth Res. 122(2): 121–158	3,570	40	121
3.2.53	Kalaji MH, Oukarroum A, Alexandrov V, Kouzmanova M, Brestic M, Zivcak M, Samborska IA, Cetner MD, Allakhverdiev SI, Goltsev V (2014) Identification of nutrient deficiency in maize and tomato plants by <i>in vivo</i> chlorophyll <i>a</i> fluorescence measurements. Plant Physiol Bioch. 81: 16–25	3,051	35	63

3.2.54	Shaw AK, Ghosh S, Kalaji MH, Bosa K, Brestic M, Zivcak M, Hossain Z (2014) Nano-CuO Stress Induced Modulation of Antioxidative Defense and Photosynthetic Performance of Syrian Barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.). Environ. Exp. Bot. 102: 37–47	3,529	40	47
3.2.55	Ściepień W, Górńska EB, Pietkiewicz S, Kalaji MH (2014) Long-term mineral fertilization impact on chemical and microbiological properties of soil and <i>Miscanthus × giganteus</i> yield. Plant Soil Environ 60 (3): 117–122	1,279	30	4
3.2.56	Zivcak M, Brestic M, Kalaji MH, Govindjee (2014) Photosynthetic responses of sun and shade grown barley leaves to high light: Is the lower PSII connectivity in shade leaves associated with protection against excess of light? Photosynth Res. 119: 339–354	3,570	40	62
3.2.57	Zivcak M, Kalaji MH, Shao H, Olsovska K, Brestic M (2014) Photosynthetic proton and electron transport in wheat leaves under prolonged moderate drought stress. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 137: 107–115	2,814	30	42
3.2.58	Živčák M., Olšovská K., Slamka P., Galambošová J., Rataj V., Shao H-B., Kalaji M. H., Brestič M. (2014). Measurements of chlorophyll fluorescence in different leaf positions may detect nitrogen deficiency in wheat. Zemdirbyste-Agriculture, 101 (4): 437–444	0,523	20	13
3.2.59	Dąbrowski P, Pawluśkiewicz B, Kalaji MH, Baczewska AH (2013) The effect of light availability on leaf area index, biomass production and plant species composition of park grasslands in Warsaw. Plant Soil Environ 59 (12): 543–548	1,279	25	5
3.2.60	Omar SA, Elsheery NI, Kalaji MH, Ebrahim MKH, Pietkiewicz S, Lee CH, Allakhverdiev SI, ZengFu Xu (2013) Identification and differential expression of two dehydrin cDNAs during maturation of <i>Jatropha curcas</i> seeds. Biochemistry-Moscow 78 (5): 485–495	1,353	15	4
3.2.61	Zivcak M, Brestic M, Balatova Z, Drevenakova P, Olsovska K, Kalaji MH, Yang X, Alakhverdiev S (2013) Photosynthetic electron transport and specific photoprotective responses in wheat leaves under drought stress. Photosynth Res 117 (1-3): 529-46 DOI 10.1007/s11120-013-9885-3	3,570	40	72

b) Lista B MNiSW

Lp.	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW	Liczba cytowań (bez auto-cytowań) do 30.08.2018
3.3 Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego			
3.3.1	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2010) Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry aktywności biologicznej gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego słonecznika bulwiastego (<i>Helianthus tuberosus</i> L.). Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie 10 (2): 7–18	5	-
3.3.2	Ryakaczewska K., Kalaji M.H., Pietkiewicz S. (2006) The use of chlorophyll a fluorescence technique to evaluate the spring chill stress of potato cultivars. Fragmenta Agronomica 11: 217–218	5	-
3.4 Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego			
3.4.1	Adamski A., Łozowicki J., Kaczyński P., Kalaji H.M. (2018) Ocena stanu zanieczyszczenia flory wodnej pozostałościami pestycydów na obszarach intensywnie użytkowanych rolniczo. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering 19 (3): 45-51	9	-
3.4.2	Kociel H., Kalaji H.M., Suchocka M., Tuchowska Ż. (2018) Podłoża strukturalne jako jedno z rozwiązań proekologicznych dla miast. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering 19(2): 81–90	9	-
3.4.3	Szymański N., Burzyńska I., Kalaji H.M., Mastalerczuk G. (2018) Fluorescencja chlorofilu jako narzędzie do oceny stopnia eutrofizacji ekosystemów wodnych na przykładzie stawów na obszarze gminy Raszyn. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering 19(2); 73–80	9	-
3.4.4	Kociel H., Suchocka M., Więzłowska A., Kalaji H.M. (2018) Wpływ nieprawidłowych praktyk pielęgnacyjnych na wartość drzew. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering 19 (2): 65–72	9	-
3.4.5	Mojski J., Kalaji H., Swoczyna T., Milecka M., Widelska E. (2018) Adaptacja hydroponicznego systemu ogrodów wertykalnych do warunków Polskich. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering, 19 (1): 96-105	9	-
3.4.6	Dąbrowski P.A., Kalaji H.M., Keča N., Horaczek T., Oszako T. (2017) The influence of phosphite treatments on oak leaves and damage caused by powdery mildew Erysiphe alphitoides. Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry 59 (3): 239–245	14	-
3.4.7	Szymański N., Dąbrowski P., Zabochnicka-Świątek M., Panchal B., Lohse D., Kalaji H.M. (2017) Taxonomic classification of algae by the use of chlorophyll a fluorescence. Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 26 (4): 470–480	10	-
3.4.8	Kalaji M.H., Cetner M.D., Samborska I.A., Łukasik I., Oukarroum	14	-

	A., Rusinowski S., Pietkiewicz S., Świątek M., Dąbrowski D. (2016) Effective microorganisms impact on photosynthetic activity of <i>Arabidopsis</i> plant grown under salinity stress conditions. Ann.Warsaw Univ. of Life Sci. - SGGW. Land Reclam. 48 (2): 153–163		
3.4.9	Kowalczyk K., Gajc-Wolska J., Marcinkowska M., Cetner M.D., Kalaji H.M. (2016) Response of growth, quality parameters and photosynthetic apparatus of endive plant to different culture media. Folia Hort. 28 (1): 25–30	14	2
3.4.10	Cetner M.D., Dąbrowski P., Samborska I.A., Łukasik I., Swoczyna T., Pietkiewicz S., Bąba W. Kalaji M.H. (2016) Zastosowanie pomiarów fluorescencji chlorofilu w badaniach środowiskowych. Kosmos 2 (311): 197–205	12	-
3.4.11	Górska E.B., Stępień W., Olejniczak I., Pietkiewicz S., Kalaji H.M., Kowalczyk P. (2016) Microbial properties of soil fertilized by sewage sludge and cultivated with energy crops. Studia Ecologiae et Bioethicae 14 (2): 127-138	11	-
3.4.12	Dąbrowski P., Pawluśkiewicz B., Baczewska A.H., Łukasik I., Goltsev V., Kalaji H.M. (2015) Evaluation the vigour of urban green lawn grown under long-term shade conditions by the use of chlorophyll fluorescence technique. Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Land Reclam. 47 (3): 203–210	14	-
3.4.13	Górska EB, Jankiewicz U, Dobrzyński J, Russel S, Pietkiewicz S, Kalaji H, Gozdowski D, Kowalczyk P (2015) Degradation and colonization of cellulose by diazotrophic strains of <i>Paenibacillus polymyxa</i> Isolated from Soil. J Bioremed Biodeg 6: 271.	8	-
3.4.14	Paunov M., Dankov K., Dimitrova S., Velikova V., Tsonev T., Strasser R., Kalaji H.M., Goltsev V. (2015) Effect of water stress on photosynthetic light phase in leaves of two ecotypes of <i>Platanus orientalis</i> L. plants. Journal of Bioscience and Biotechnology SE/ONLINE: 15–23; ISSN: 1314–6246	4	-
3.4.15	Dimitrova S., Dankov K., Paunov M., Pavlova B., Goltsev V., Velikova V., Tsonev T., Kalaji H.M., Strasser R. (2015) Dark drops of prompt chlorophyll fluorescence as a novel approach for evaluation of the photosynthetic machinery state. J. BioSci. Biotechnol. 2015, SE/ONLINE: 103–113; ISSN: 1314–6246	4	-
3.4.16	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Kiliszczuk A, Russel S (2012) Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wskaźniki maksymalnej wydajności kwantowej i funkcjonowania fotoukładu II słonecznika bulwiastego <i>Helianthus tuberosus</i> L. Ekologia i Technika, Vol. XX, nr 3/1: 40–46	5	-

3.4.17	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Sadowiec K, Russel S (2012) Wpływ nawożenia osadem ściekowym na ogólną liczbę bakterii i grzybów w glebie oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego <i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby. Ekologia i Technika, Vol. XX, nr 3/1: 27–33	5	-
--------	--	---	---

c) Publikacje w czasopismach recenzowanych spoza list A i B oraz popularno-naukowych, wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikację w tych czasopismach

Lp.	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW
3.5 Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego		
3.5.1	Saxena DK, Kalaji MH, Gathori D (2012) Chlorophyll fluorescence measurements for validating metal tolerance moss to be used for atmospheric elemental monitoring. The Bryological Times 136: 21–23	4
3.5.2	Bosa K, Kalaji MH (2011) Fluorescencja chlorofilu – metoda przewidywania stresu oraz oceny wielkości i jakości plonu. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych 13: 81–95	4
3.5.3	Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S. (2010) Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry aktywności biologicznej gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego słonecznika bulwiastego (<i>Helianthus tuberosus</i> L.). Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie 10 (2): 7-18	4
3.5.4	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2010) Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry biologii gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuowca pensylwańskiego (<i>Sida hermaphrodita</i> (L) Rusby). Nauka Przyr. Technol. 4(6): 99–109	4
3.5.5	Kalaji MH, Bosa K, Grochowska A (2010) Full bloom amaranth. Полное цветение амаранта. Grain – Зерно 6: 14–21	0,4
3.5.6	Kalaji MH, Bosa K, Oszako T (2010) Drzewa leśne – aklimatyzacja do stresów środowiskowych. Głos Lasu 04: 19–20	0,2
3.5.7	Kalaji MH, Rutkowska A (2010) How to determine salt stress effects using fluorimeters. как определить эту проблему с помощью флуориметра. Grain – Зерно 1: 76–82	0,4
3.5.8	Swoczyna T, Kalaji MH, Pietkiewicz S, Borowski J, Zaraś-Januszkiewicz E (2010) Monitoring young urban trees tolerance to roadside conditions by application of chlorophyll fluorescence technique. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 545: 303–309	9
3.5.9	Borawska-Jarmułowicz B, Mastalerczuk G, Kalaji MH (2010) Response of <i>Dactylis glomerata</i> to low temperature stress. Grasslands Science in Europe 15, 359–361	4
3.5.10	Kalaji MH (2009) Fluorescencja chlorofilu - Nowa niezawodna metoda oceny wpływu nawożenia azotem na odporność jęczmienia browarnego na suszę. Флуоресценция хлорофилла – новый надежный способ оценить влияние азотных удобрений на продуктивность пивоваренного ячменя в условиях засухи. Grain - Зерно 12: 62–66	0,4
3.5.11	Kalaji MH (2009) Two types of devices for instant analysis of the status of plants	0,4

	Chlorophyll fluorescence: Useful (practical) tool. Два типа приборов для мгновенного анализа состояния растения флуоресценция хлорофилла: полезный (практичный) инструмент. Grain – Зерно 11: 66–70	
3.5.12	Kalaji MH (2009) Unpredictable stress against agronomic stability. Непрогнозируемый стресс против агрономической стабильности. Grain – Зерно 10: 74–78	0,4
3.5.13	Oszako T, Kalaji MH, Gąsczyk K, Kubiak K (2009) Alternatywne metody ochrony sadzonek w szkółkach. Notatnik naukowy Instytutu Badawczego Leśnictwa 7(87)/2009(XVII). ss. 4	0,02
3.5.14	Latocha P, Ciechocińska M, Pietkiewicz S, Kalaji MH (2009) Preliminary assesment of Vapor Gard® on <i>Actinidia arguta</i> physiological condition in drought stress. Ann. WULS, Horticulture and Landscape Architecture 30: 149–160	4
3.5.15	Abukhovich A, Pietkiewicz S, Karwowska R, Kobryń J, Kalaji HM (2009) Canopy architecture and yielding of different tomato morphotypes under glasshouse conditions. Vegetable Crops Research Bulletin 70: 49–58	4
3.5.16	Kalaji MH, Pietkiewicz S, Grzesiak S (2008) Wspomnienie o Profesorze Emilu Nalborczyku (1932–2006). Zeszyty problemowe Postępów Nauk Rolniczych 524: 15–17	9
3.5.17	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2008) Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne roślin energetycznych nawożonych osadem ściekowym na przykładzie ślázowca pensylwańskiego (<i>Sida hermaphrodita</i> L.) Rusby). Ekologia i Technika XVI: 11–19	5
3.5.18	Rykaczewska K., Kalaji M.H., Pietkiewicz S. (2006) The use of chlorophyll <i>a</i> fluorescence technique to evaluate the spring chill stress of potato cultivars. Bibliotheca Fragmenta Agronomica 11: 217-218	5
3.5.19	Kalaji HM, Rykaczewska K, Pietkiewicz S, Kotlarska-Jaros E (2004) Wpływ dolistnego nawożenia siarkowo-azotowego na aktywność fotosyntetyczną i rozwój roślin ziemniaka metodą fluorescencji chlorofilu a. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 496: 367–374	9
3.5.20	Kalaji HM, Wołejko E, Łoboda T, Pietkiewicz S, Wyszyński Z (2004) Fluorescencja Chlorofilu – nowe narzędzie do oceny fotosyntezy roślin jęczmienia, rosnących przy różnych dawkach azotu. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 496: 375–383	9
3.5.21	Kalaji HM, Żebrowski M (2004) Intensywność fotosyntezy jedno- i dwuliściennych roślin C ₃ i C ₄ w różnych warunkach środowiska. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 496: 133–142	9
3.5.22	Kalaji MH, Pietkiewicz S (2004) Review: Some physiological indices to be exploited as crucial tool in plant breeding. Plant Breeding and Seed Science 49: 49, 19–39	4
3.5.23	Kalaji MH, Rutkowska A (2004) Reakcje aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 496: 545–558	9

3.5.24	Rykaczewska K, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Kotlarska-Jaros E, Piotrowska W (2004) Porównawcza analiza rozwoju, plonowania i wydajności fotosyntetycznej roślin dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka: Ruta i Karatop, Cz. II. Zeszyty problemowe postępów nauk Rolniczych 500: 181–191	9
3.6 Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego		
3.6.1	Saxena DK, Kalaji MH (2018) Mosses as a complementary technique for surveying atmospheric metals (quantitative, seasonal, annual and retrospective): A conceptual approach. Bryological Times 146, p. 15-20	4
3.6.2	Panchal B., Kalaji H., Deshmukh S., Sharma M., Kiliszczuk A., Rytel M. (2018) Synthesis of methyl esters from silk cotton tree seed kernel oil using dimethyl carbonate and KOH catalysis. European Journal of Sustainable Development Research 2 (2): 20.	4
3.6.3	Rastogi A., Zivcak M., Sytar O., Kalaji H.M., He X., Mbarki S., Brestic M. (2017) Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: A critical review. Front. Chem. 5:78. DOI: 10.3389/fchem.2017.00078	4
3.6.4	Panchal B.M., Kalaji H.M. (2017) Production of <i>Jatropha curcas</i> L. Seed Oil DMC-Js-BioDs by Optimized Dimethyl Carbonate Using Potassium Hydroxide as Catalyst. Journal of Alternate Energy Sources and Technologies 8 (2): 56-63	4
3.6.5	Bosa K., Jadczuk-Tobjasz E., Kalaji H.M. (2016) Photosynthetic Productivity of Pear trees grown on different rootstocks. Ann. Bot. (Roma) 6: 69–76	4
3.6.6	Dąbrowski P., Cetner M.D., Samborska I.A., Kalaji M.H. (2015) Measuring light spectrum as a main indicator of artificial sources quality. Journal of Coastal Life Medicine 3 (5): 400-406	4
3.6.7	Aleksandrov V., Krasteva V., Paunov M., Chepishcheva M., Kousmanova M., Kalaji M.H., Goltsev V. (2014) Deficiency of some nutrient elements in bean and maize plants analyzed by luminescent method. Bulgarian Journal of Agricultural Science 20: 24–30	4
3.6.8	Cetner M.D., Pietkiewicz S., Podlaski S., Wiśniewski G., Chołuj D., Łukasik I., Kalaji M.H. (2014) Photosynthetic Efficiency of Virginia Mallow (<i>Sida Hermaphrodita</i> (L.) Rusby) under Differentiated Soil Moisture Conditions. Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems: 6 (2): 89–95	4
3.6.9	Samborska IA, Alexandrov V, Sieczko L, Kornatowska B, Goltsev V, Cetner MD, Kalaji MH (2014) Artificial neural networks and their application in biological and agricultural research. Signpost Open Access J. NanoPhotoBioSciences2: 14–30	4
3.6.10	Pietkiewicz S., Dratkiewicz P., Horaczek T., Stępień W., Wszyński Z., Gozdowski D., Łukasik I., Cetner M. D., Kalaji M. H. (2014) Evaluation of post hydrothermal stress activity on photosynthetic apparatus and yield in Miscanthus cultivated under static fertilizer experimental conditions. Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems 6 (2): 73–79	4
3.6.11	Akhkha A, Boutraa T, Kalaji MH, Parvaiz A, Dąbrowski P (2013) Chlorophyll fluorescence: A potential selection criterion for drought tolerance in selected durum wheat (<i>Triticum durum</i> Desf.) cultivars. Signpost Open Access J. NanoPhotoBioSciences 1: 147–156	4
3.6.12	Saxena DK, Hooda PS, Singh S, Srivastava K, Kalaji MH, Gahtori D (2013) An Assessment of atmospheric metal deposition in Garhwal Hills, India by moss	4

	Rhodobryum giganteum (Schwaegr.) Par. ISSN 0376-5561 Geophytology 43(1): 17–28	
--	--	--

d) Monografie naukowe

Lp.	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW
3.7 Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego		
3.7.1	Bussotti F, Kalaji MH, Desotgiu R, Pollastrini M, Łoboda T, Bosa K (2012) Misurare la vitalita delle piante per mezzo della fluorescenza della clorofilla. Università di Firenze. I edizione italiana. Wydawnictwo Uniwersytetu we Florencji, ISBN 978-88-6655-215-4 (równy udział)	25
3.7.2	Kalaji MH, Łoboda T (2010) Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. Wydawnictwo SGGW, Warszawa. Wydanie II (udział 90%)	20
3.7.3	Kalaji MH, Łoboda T (2009) Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009. Wydanie I (udział 90%)	20
3.8 Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego		
3.8.1	Kalaji HM, Goltsev VN, Żuk-Gołaszewska K, Zivcak M, Brestic M (2017) Chlorophyll Fluorescence: Understanding Crop Performance — Basics and Applications. CRC Press, April 25, 2017, 222 p. ISBN 9781498764490 (udział 50%)	25
3.8.2	Goltsev V, Kalaji MH, Kouzmanova MA, Allakhverdiev SI (2014) Variable and Delayed Chlorophyll a Fluorescence – Basics and Application in Plant Sciences. IN: Moscow–Izshevsk: Institute of Computer Sciences, Moscow, Russia, 220 p. ISBN 978-5-4344-0180-7 (udział 50%)	25

e) Rozdziały monografii naukowych

Lp.	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW
3.9 Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego		
3.9.1	Kalaji MH, Govindjee, Bosa K, Kościelniak J, Żuk-Gołaszewska (2012) Photosystem II efficiency and CO ₂ assimilation of two Syrian barley landraces under salt stress. In: C. Lu (Ed.) Photosynthesis: Research for Food, Fuel and Future – 15th International Conference on Photosynthesis, 22-27.08.2010 Bejing, Zhejiang University Press, Springer-Verlang GmbH, 774-778. ISBN-13: 9783642320330	5
3.9.2	Bosa K, Jadcuk-Tobjasz E, Kalaji MH, Majewska M (2012) Wydajność aparatu fotosyntetycznego oraz produktywność gruszy odmiany Konferencja w zróżnicowanych warunkach nawadniania i zaopatrzenia w potas. W: Tomala K. (red.), Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych 15, Wyd. Hortpress, 35–46	4

3.9.3	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Chojnicki J, Bluszcz K, Russel S (2009) Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne roślin energetycznych nawożonych osadem ściekowym na przykładzie <i>Polygonum sachalinense</i> . Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie, Monography 2009. Tom 1. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, pp. 167–174	4
3.9.4	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2009) The effect of sludge fertilization on chosen parameters of chlorophyll fluorescence and biomass yield of jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.). In: Sewages and waste materials in environment, Monography, W. Sądej (Ed), Department of Land Reclamation and Environmental Management, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Polska, pp. 129–139	5
3.9.5	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2009) Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne i produkcję biomasy przez rośliny energetyczne na przykładzie słonecznika bulwiastego (topinambura). In: Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie. Tom 2. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2009, pp. 9–23	4
3.9.6	Kalaji MH, Guo P (2008) Chlorophyll fluorescence: A useful tool in barley plant breeding programs. In: Photochemistry Research Progress (Eds.: A. Sanchez, S. J. Gutierrez). Nova Publishers, NY, USA, 439–463	5
3.9.7	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2008) Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne roślin topinambura nawożonych osadem ściekowym. Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie. Monografia Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Tom II: s. 9–24	4
3.9.8	Augustynowicz J, Pietkiewicz S, Kalaji MH, Russel S (2008) Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne i produkcję biomasy przez rośliny energetyczne na przykładzie słonecznika bulwiastego (topinambura). W: Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie. T. 2. UR, Kraków: 9–24	4
3.9.9	Romanowska-Duda ZB, Kalaji MH, Strasser RJ (2005) The use of PSII activity of <i>Spirodela Oligorrhiza</i> plants as an indicator for water toxicity. In: Photosynthesis: Fundamental Aspects to Global Perspectives, Van der Est A, Bruce D (Eds.) Allen Press Inc., Lawrence, Kansas, 585–587	5
3.9.10	Rocha E, Kalaji MH, Nalborczyk E (2001) Growth, area of leaves and dry Mass of traditional and semi-dwarf plants of rye, triticale and wheat in period of spring vegetation. In: 3 rd International Conference of PhD students, University of Miskolc, Hungary 13-19.08.2001. Lechczy L. and Kalmar L. (Eds.). p. 241–249	5
3.9.11	Brestic M, Olsovska K, Kalaji MH (1996) Physiological criteria of barley tolerance to water stress and production ecostability. In: Progress in Plant Sciences: From Plant Breeding to Growth Regulation, Ordog V, Szigeti J, Pulz O (Eds.) Pannon University of Agricultural Sciences. Mosonmagyaróvár – Hungary, 47–52	5
3.9.12	Starck Z, Chołuj D, Kalaji MH (1994) Photosynthesis and biomass allocation as response to chilling in tomato plants. In: Crop Adaptation to Cool Climates, Dorfing K, Brettschneider B, Tantau H, Pithan K (Eds.) European Commission – Research progress COST 814: 125–132	5

3.10 Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego		
3.10.1	Ingle AP, Rathod D, Brestic M, Kalaji HM, Rai M (2017). Biophysical phenotyping as an essential tool for understanding host-microbe interaction. In: Modern Tools and Techniques to Understand Microbes (Eds. Varma A and Sharma AK), Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland. pp. 65-80	5
3.10.2	Mojski J., Kalaji H.M. (2016) Dobór gatunków roślin do ogrodu wertykalnego w rozwiązaniach zewnętrznych. Tereny zieleni wobec zmian klimatu red. Kosmala M. ISBN: 978-83-945245-0-0 Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Toruń. Pp. 201-209	5
3.10.3	Kociel H., Tuchnowska Ż., Suchocka M. Kalaji H.M. 2016 Podłoża strukturalne sposobem na poprawę kondycji drzewostanu w miastach. Tereny zieleni wobec zmian klimatu red Kosmala M. ISBN: 978-83-945245-0-0 Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Toruń. Pp. 223-228	5
3.10.4	Kalaji MH, Goltsev V, Brestic M, Bosa K, Allakhverdiev SI, Strasser RJ, Govindjee (2014) In vivo Measurements of Light Emission in Plants. In: Photosynthesis: Open Questions and What We Know Today (Allakhverdiev SI, Rubin AB, Shuvalov VA (eds.); Publisher: Institute of Computer Science, Izhevsk, Moscow, pp. 1–40	5
3.10.5	Kalaji MH, Jajoo A, Oukarroum A, Brestic M, Zivcak M, Samborska IA, Cetner MD, Łukasik I, Goltsev V, Ladle RJ, Dąbrowski P, Ahmad P (2014) The Use of Chlorophyll Fluorescence Kinetics Analysis to Study the Performance of Photosynthetic Machinery in Plants. In: Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance, Volume 2. Parvaiz Ahmad (Ed); http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800875-1.00015-6 © 2014 Elsevier Inc.	5
3.10.6	Swoczyna T., Borowski J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H. (2014) Growth and physiological performance of young urban trees of eight taxa in Warsaw. In: Plants in Urban Areas and Landscape (ISBN 978-80-552-1262-3). Publisher: Slovak University of Agriculture in Nitra, p. 15–19	5
3.10.7	Bosa K, Jadczyk-Tobiasz E, Kalaji MH (2013) Zastosowanie fluorescencji chlorofilu, jako bezinwazyjnej metody do oceny stanu odżywienia drzew gruszy. In: Tomala K. (red.) Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, Wyd. Hortpress 17: 57–65	4
3.10.8	Brestic M, Zivcak M, Olsovska K, Kalaji MH, Shao H, Hakeem KR (2013) Heat Signaling and Stress responses in photosynthesis. In: Plant signaling: Understanding the molecular cross-talk (Khalid Rehman Hakeem, Reiazul Rehman, Inayatullah Tahir, eds), Springer Verlag, ISBN: 978-81-322-1541	5

4. Członkostwo w redakcjach naukowych

- Frontiers Plant Science - Guest Editor (2018)
- Photosynthetica - Associate Editor (od 2015)
- Journal of Coastal Life Medicine (od 2015)
- Frontiers in Agroecology and Land Use Systems (od 2015)
- Global Journal of Botanical Science (od 2013)
- Journal of Environmental Science and Engineering Technology (od 2013)

- Frontiers in Plant Physiology (od 2013)
- World Research Journal of Agricultural & Biosystems Engineering (od 2013)
- Signpost Open Access journal of NanoPhotoBioSciences (od 2013)
- Journal of Central European Agriculture JCEA (2004-2005)

II. Informacja o aktywności naukowej

1) Informacje o wystąpieniach na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych

1.1 Referaty na sesjach plenarnych oraz tematycznych

- 1.1.1 Kalaji H.M., Bąba W., Kompała-Bąba A. 2018. Chlorophyll *a* Fluorescence: Past–Present–Future. 11th International Conference "Plant Functioning Under Environmental Stress" September 12-15, 2018, Cracow, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.2 Kalaji H.M. 2018. Fluorescencja chlorofilu jako metoda oceny stanu środowiska przyrodniczego. XXI Konferencja Naukowa "Zastosowanie technologii informacyjnych w rolnictwie", 23-24.04.2018, Poznań - Kórnik, Poland; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.3 Zabochnicka-Świątek M., Malińska K., Kalaji H.M. 2017. Niskokosztowa produkcja biomasy mikroglonów – dobór taniego i uniwersalnego medium hodowlanego. XIII Konferencja Naukowa „Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka”, 04-06.12.2017, Częstochowa, Poland; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.4 Zabochnicka-Świątek M., Krzywonos M., Kalaji M.H. 2017. Algal biomass – wich application is better? XVIII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna OCHRONA ŚRODOWISKA Przepisy. Interpretacje. Rozwiązania. Trendy. 8-10.11.2017, Ustroń-Jaszowiec, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.5 Dąbrowski P., Kalaji H., Keča N., Oszako T. 2017. Ocena zniszczenia blaszki liściowej i fluorescencja chlorofilu u liści dębu zainfekowanych mączniakiem. Konferencja naukowa pt. „Zjawiska zamierania dębów w Europie – geneza, przebieg i możliwości ograniczania”, 05-06.09.2017, Sękocin Stary, Poland; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.6 Kalaji H.M., Kiliszczyk A., Rytel M., Mojski J., Kociel H., Szymański N. 2017. One step ahead in chlorophyll fluorescence practical application. International Scientific Workshop “Biogenic volatile organic compounds, global climate change, and plant adaptation potential to changing environment”, 20-23 August, 2017, Pamporovo, Bulgaria; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.7 Kociel H., Tuchowska Ż., Suchocka M., Kalaji H.M. 2016. Podłoża Strukturalne. XII Konferencja Naukowo-Techniczna Zieleń Miejska naturalne Bogactwo Miasta Tereny Zieleni Wobec Zmian Klimatu, 12-14.10. 2016, Toruń, Polska; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.8 Mojski J., Kalaji H.M. 2016. Dobór gatunków roślin do ogrodu wertykalnego w rozwiązaniach zewnętrznych, XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Zieleń miejska- naturalne bogactwo miasta: tereny zieleni wobec zmian klimatu”, 12-14 października 2016 rok, Toruń, Poland, **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.9 Kalaji H.M., Świątek M. 2016. Wpływ pożytecznych mikroorganizmów na wydajność aparatu fotosyntetycznego roślin, VIII Ogólnopolska Konferencja z cyklu „Pożyteczne mikroorganizmy dla nowoczesnego rolnictwa” pt. „Człowiek i środowisko jedno zdrowie – wspólna odpowiedzialność”, 12-13 września 2016 roku, Licheń, Poland; **referat plenarny w języku polskim**

- 1.1.10 Kalaji H.M., Samborska I.A., Cetner M.D., Piszcz U., Gediga K., Bielecki K., Karmowska K., Bąba W. 2016. Chlorophyll fluorescence: a tool for the identification of mineral status of plants, The XIII International Symposium "Microelements in agriculture and environment", 21-24.06.2016, Kudowa-Zdrój, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.11 Horaczek T., Pietkiewicz S., Stępień W., Wyszynski Z., Pągowski K., Kalaji M.H., 2015. Bilans CO₂ w produkcji roślin C₄ na przykładzie miskanta gigantycznego i C₃ na przykładzie pszenicy ozimej uprawianych w warunkach niedoboru 4 wybranych makroskładników (Ca, N, P i K). 7 Konf. „Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie”. ITP. Falenty-PIB, 20.11.2015, Poland; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.12 Dąbrowski P., Pawluśkiewicz B., Baczewska A.H., Łukasik I., Kalaji H.M. 2015. Tolerance of *Lolium perenne* L. lawn varieties in relation to soil salinity in various stages of development. 20th International Scientific Conference Enviro Nitra 2015. Slovak University Of Agriculture In Nitra Horticulture And Landscape Engineering Faculty University of Agriculture in Krakow Faculty of Environmental Engineering and Land Surveying, 18-20.11.2015, Nitra, Slovakia; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.13 Borawska-Jarmułowicz B., Mastalerczuk G., Rozya K., Kalaji M.H. 2015. Reakcja *Poa pratensis* na zróżnicowane warunki zasolenia. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nowe trendy w badaniach łąkarskich” pod honorowym patronatem Dziekana Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii UP w Poznaniu, 24-25 września 2015, Poznań, Polska; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.14 Mastalerczuk G., Borawska-Jarmułowicz B., Jurek J., Kalaji H.M. 2015. Morfologiczna i fizjologiczna reakcja *Poa pratensis* na stres suszy. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nowe trendy w badaniach łąkarskich” pod honorowym patronatem Dziekana Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii UP w Poznaniu, 24-25 września 2015, Poznań, Polska, **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.15 Kalaji H. M., Goltsev V., Allakhverdiev S.I. 2015. Which technique is better for studying photosynthetic apparatus? Modulated, prompt or delayed chlorophyll fluorescence? Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Dr. George C. Papageorgiou. 21-26 September 2015, Crete, Greece; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.16 Cetner M. D., Kowalczyk K., Kalaji M. H. 2015. Activity and structure of PSII of radish plants under nitrogen deficiency conditions. 10th International Conference "Plant Functioning Under Environmental Stress" September 16 - 19, 2015, Cracow, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.17 Kalaji M.H. Chlorophyll fluorescence part 1. 2015. UStuŚ - University Environmental Studies: Ordered Specialty „Environmental Protection” Priority IV – Higher Education and Science, Sub-measure 4.1.2 of the Operational Program Human Capital. 22-26 June 2015, Katowice, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.18 Kalaji M.H. 2015. Chlorophyll fluorescence part 2. UStuŚ - University Environmental Studies: Ordered Specialty „Environmental Protection” Priority IV – Higher Education and Science, Sub-measure 4.1.2 of the Operational Program Human Capital. 22-26 June 2015, Katowice, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.19 Kalaji M.H. 2015. Environmental hazards identification. UStuŚ - University Environmental Studies: Ordered Specialty „Environmental Protection” Priority IV – Higher Education and Science, Sub-measure 4.1.2 of the Operational Program Human Capital. 22-26 June 2015, Katowice, Poland; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.20 Kalaji M.H., Prasad M.N.V., Cetner M.D., Samborska I.A., Łukasik I., Goltsev V., Saxena D.K. 2015. OJIP test analysis as a tool to predict environmental pollution. 5th International Conference on Plant & Environmental Pollution (ICPEP-5) 24-27 February 2015 Lucknow, India; **referat plenarny w języku angielskim**

- 1.1.21 Kalaji H., Cetner M., Samborska I., Łukasik I., Malusá E. 2014. „Spying” on products quality of organic farming by the use of Chlorophyll *a* fluorescence technique. International Conference on Innovative technologies in organic horticultural production. Skierniewice, Poland, 23-24.10.2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.22 Kalaji M.H., Cetner M.D, Samborska I.A. 2014. The use of chlorophyll fluorescence fingerprints as reliable bioindicator for heavy metals stress detection in plants. The International Conference plants, heavy metals, environment. Katowice, Poland. 26-28.06.2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.23 Kalaji M.H., Skonieczny M., Sytar O., Brestic M., Bosa K., Pietkiewicz S., Carpentier C. 2014. Application of an Alert Level Framework based on cyanobacterial chlorophyll-*a* for early-warning water quality monitoring. 1st announcement- The 11th seminar for monitoring techniques in fresh and sea water, algae determination and the assessment of ecological status. Kiel, Germany, 3-4.06. 2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.24 Kalaji M.H. Cyanobacterial and total Chlorophyll-*a* fluorescence Measurements as a Method for Early Warning Water Quality Monitoring. , The 11th seminar for monitoring techniques in fresh and sea water, algae determination and the assessment of ecological status. Kiel, Germany, 3-4.06. 2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.25 Swoczyna T., Borowski J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H. 2014. Growth and physiological performance of young urban trees of eight taxa in Warsaw. Slovak University of Agriculture in Nitra Faculty of Horticulture and Landscape Engineering Plants in Urban Areas and Landscape. Nitra, Slovakia, 14-15.05.2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.26 Kalaji M.H. 2014. Non-invasive and simple methods to predict and estimate climate change effects on food production. Policy Conference “Food Security in the Context of Climate Change”. Soaltee Crowne Plaza Kathmandu, Nepal, 20.03.2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.27 Kalaji M.H. 2014. Renewable oil crops as a source of bio-based products. Bruksela, Belgia. On behalf of Warsaw University of Life Sciences- SGGW. PolSCA- Polish Science Contact Agency of the Polish Academy of Science, , 12.02.2014; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.28 Kalaji M.H. 2013. The use of portable and computerized instruments to estimate the physiological activity of plants. Quality of fresh produce, herbs and vegetables- from field to fork. Warszawa, Poland, 18-19.09.2013; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.29 Kalaji M.H. 2013. Performing an "electrocardiogram" of PSII by the use of the chlorophyll fluorescence measurements. International meeting “Photosynthesis Research for Sustainability - 2013” in honor of Jalal A. Aliyev. Baku, Azerbaijan, 5-9.06.2013; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.30 Koprowski M., Robertson I., Wils T.H.G., Kalaji M.H. 2013. High nitrogen and potassium concentrations cause a decline in pine growth, International Symposium on Wood Structure in Plant Biology and Ecology (WSE), Centro Congressi Partenope, via Partenope 36. Naples, Włochy, 17-20.04.2013; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.31 Kalaji M.H. 2012. The use of chlorophyll fluorescence for climate change monitoring. “Sustaining Technological Development& Climate Change”, Future Institute of Engineering and Technology, Bareilly, India, 19.12.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.32 Kalaji M.H. 2012. Light emission signals as a tool to study climate change. Monitoring of Metals and Gases in Plants with Special Reference to Bryophyte Physiology & Climate Change”, RBMI Group of Institutions, Bareilly, India, 18.12.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.33 Kalaji M.H., Saxena D.K., Bosa K. 2012. Chlorophyll fluorescence: A trustable bioindicator for ecological studies under climate change conditions. “Monitoring of Metals and Gases in Plants with Special Reference to Bryophyte Physiology & Climate Change”, Bareilly, India, 17-20.12.2012; **referat plenarny w języku angielskim**

- 1.1.34 Kalaji M.H. 2012. Photosynthetic efficiency as a tool for monitoring various ecosystems - Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, China, 20-28.11.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.35 Kalaji M.H. 2012. Chlorophyll fluorescence: past, recent and future applications. 41st Annual Meeting of ESNA "Advances in agrobiological research and their benefits to the future, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.36 Kalaji M.H. 2012. Recent and future applications of chlorophyll fluorescence technique. Plant Environmental Physiology Group, Ecophysiology Techniques Workshop, Lisbon, Portugal, 10-15.09.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.37 Kalaji M.H. 2012. Chlorophyll *a* fluorescence – what can we learn? AquaLife 2012 Seminar, Kiel, Germany, 4-6.06.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.38 Saxena D.K., Kajal S., Kalaji M.H., Ghatori D. 2012. Seasonal atmospheric metal data by moss analysis of last 5 years from India. 25th Task Force Meeting & one-day ozone workshop, Brescia, Italy, 31.01-02.02.2012; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.39 Bosa, K., Kalaji M.H., 2011. The use of computerized and portable instruments in the field of agriculture and biological researches. Scientific seminar: Plant stress responses – theoretical and applied aspects". Agricultural University of Plovdiv, Bulgaria, 29.09-01.10.2011; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.40 Saxena D.K., Hooda P., Frontasyeva M., Kalaji M.H., Singh S., Srivastava K., 2011. Survey of heavy metal deposition in the Garhwal and Kumaon hills by using moss *Rhodobryum giganteum* as biomonitoring. International Symposium on Plant Biotechnology towards Tolerance to Stresses and Enhancing Crop Yield (ISPB-2011), Birla Institute of Technology, Ranchi, Jharkhand, India, 28.09-01.10.2011; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.41 Kalaji M.H., Goltsev V., Bosa K., Strasser R.J., 2011. Exploring structure and function *in vivo* of the photosynthetic apparatus with simultaneous recording of prompt and delayed fluorescence, modulated 820 nm and actinic 650 nm light reflection. International Conference Photosynthesis Research for Sustainability. Baku, Azerbaijan, 24.07-30.07.2011; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.42 Kalaji. M.H. 2011. Monitoring of some plant physiological traits to assess the impact of climate changes on the vitality of different ecosystems. Climate change: agro- and forest systems sustainability, Babtai, Lithuania, 21-22.06.2011; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.43 Kalaji M.H. 2010. Chlorophyll Fluorescence: a useful tool for biological, agricultural and aquatic research. Biomonitoring Workshop Aqualife 2010, Kiel, Germany, 31.05-02.06.2010; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.44 Oszako T., Małecka M., Kubiak K., Gąszczyk K., Hilszczańska D., Sierota Z., Kalaji M.H., Belbahri L., Cordier T. 2009. Reaction of oak seedlings for *Phytophthora* infection in SSF experiment. FP0801 WG 1 i WG2 Meetings Brussels. Brussels, Belgium, 4-6.11.2009; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.45 Kalaji M.H. 2009. The use of chlorophyll fluorescence technique to detect the effects of different abiotic stresses on plants. Plant Abiotic Stress Tolerance. Vienna University, Pharmaziezentrum. Vienna, Austria, 8-11.02.2009; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.46 Kalaji M.H. 2008. Probing the responses of plants by chlorophyll fluorescence under controlled environments. International meeting on controlled environment agriculture. North American Committee on Controlled Environment Technology and Use (NCERA-101), Kennedy Space Center NASA: 08-12.03.2008; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.47 Kalaji M.H. 2008. Teoria i zastosowanie pomiaru fluorescencji chlorofilu *a*. Zebrania Naukowe Polskiego Towarzystwa Agronomicznego. Cracow Poland, 24.01.2008; **referat plenarny w języku polskim**

- 1.1.48 Kalaji M.H., Pietkiewicz S., Grzesiak S. 2007. Remembrance of Professor Emil Nalborczyk. In: Eco-physiological aspects of plant responses to stress factors. Book of abstracts of 7th International Conference. Cracow Poland, 19-22.09.2007; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.49 Kalaji M.H. 2007. The use of portable and computerized instruments as crucial tool in plant researches. Water Productivity in Agriculture and Horticulture: How can less water be used more efficiently? Copenhagen, Denmark, 2-4.07.2007; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.50 Kalaji M.H. 2007. Możliwości zastosowania pomiarów fluorescencji chlorofilu do oceny stanu zdrowotnego drzew. Seminarium Naukowe, Izba Edukacji Leśnej, Sękocin Stary, Polska, 23.01.2007; **referat plenarny w języku polskim**
- 1.1.51 Kalaji M.H., 2006. Photosystem II bioenergetics of barley seedlings growing under abiotic stresses. Photosynthesis In: The Post-Genomic Era. II: Structure and Function of Photosystems. Pushchino, Moscow Region, Russia, 20-26.08.2006; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.52 Kalaji M.H. 2005. Application of JIP-test to study the photosynthetic apparatus reactions of maize seedlings growing under salt stress. Photosynthesis and Stress. Brno, Czech Republic, 15-16.09.2005; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.53 Kalaji M.H., Rutkowska A. 2004. Photosynthetic apparatus reactions of maize seedlings to salt stress. Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, Aktuálne Otázky V Ekofyziológii Rastlín. Račkova Dolina, Slovakia, 16-18.09.2004; **referat plenarny w języku angielskim**
- 1.1.54 Kalaji M.H. 2004. Chlorophyll fluorescence a: A new tool to be exploited in plant breeding programs. Workshop: Improvement of tolerance to environmental stress and quality in cereals. CICSA. IHAR, Radzików, Poland, 25-27.03.2004; **referat plenarny w języku angielskim**

1.2 Postery

- 1.2.1 Horaczek T., Pietkiewicz S., Wyszynski Z., Stępień W., Michalska-Klimczak B., Kalaji H.M., Zglejszewski K. 2018. Influence of lack of one of the macronutrients and rainfall level on CO₂ balance of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated in Central Poland. ESA 2018: XV^e European Society for Agronomy Congress, August 27-31, 2018, Geneva, Switzerland; **poster w języku angielskim**
- 1.2.2 Paunov M., Pavlova B., Velikova V., Tsonev T., Strasser R.J., Kalaji H.M., Goltsev V. 2018. Plant profiling in respect of photosynthetic activity in leaves of two ecotypes *Platanus orientalis* L. at moderately high temperatures. The 1st European Congress on Photosynthesis Research ePS-1, June 25-28, 2018, Uppsala, Sweden; **poster w języku angielskim**
- 1.2.3 Kociel H., Tuchowska Ż., Suchocka M., Kalaji H.M. 2017. Structural soil: an alternative for better trees. EUGENIC 2017 Budapest, The 2nd European Urban Green Infrastructure Conference, 29 - 30 November 2017, Budapest, Hungary; **poster w języku angielskim**
- 1.2.4 Mojski J., Kalaji H.M., Widelska E., Pietkiewicz S., Pływacz K., Swoczyna T. 2017. The use of plant gas exchange measurements as a tool for selection proper species for vertical green walls. EUGENIC 2017 Budapest, The 2nd European Urban Green Infrastructure Conference, 29 - 30 November 2017, Budapest, Hungary; **poster w języku angielskim**
- 1.2.5 Szymanski N., Burzyńska I., Kalaji H.M. 2017. Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation the eutrophication dynamics in rural water. International Symposium in Ecohydrology for the Circular Economy and Nature-Based Solutions towards mitigation/adaptation to Climate Change, 26-28.09.2017 Łódź, Poland; **poster w języku angielskim**
- 1.2.6 Horaczek T., Kalaji H.M., Pietkiewicz S., Podlaski S., Chołuj D., Wiśniewski G. 2017. Związek wymiany gazowej i plonu biomasy u roślin energetycznych o zróżnicowanym szlaku fotosyntezy z mechanizmami adaptacyjnymi na różną dostępność wody w podłożu. Konferencja naukowa

- "ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU W ROLNICTWIE" na 25 lecie studiów doktoranckich IUNG-PIB 14-15 września 2017 r., Puławy, Poland; **poster w języku polskim**
- 1.2.7 Cetner M.D., Goltsev V., Kowalczyk K., Kalaji H.M. 2016. Specification of nitrogen and potassium deficiency-induced changes in photosynthetic rate and electron transport chain in radish, Младежка Научна Конференция "Климентови Дни" Посветена На 1100 Години От Успението На Св. Климент Охридски, 17 И 18 ноември, 2016 год, София, България; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.8 Samborska I.A., Sieczko L., Goltsev V., Kalaji H.M. 2016. A comparison between magnesium deficiency and sulphur deficiency in radish plants, Младежка Научна Конференция "Климентови Дни" Посветена На 1100 Години От Успението На Св. Климент Охридски, 17 И 18 ноември, 2016 год, София, България; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.9 Swoczyna T., Pietkiewicz S., Borowski J., Kalaji H.M. 2016. Ekofizjologiczne reakcje drzew obrazowane metodą fluorescencji chlorofilu *a*. Konferencja Naukowa „Drzewa, parki i ogrody – dziedzictwo kultury i natury Małopolski Wschodniej”, Bolestraszyce-Lwów, 23–25 września 2016; **poster w języku polskim**
 - 1.2.10 Horaczek T., Pietkiewicz S., Wszyński Z., Stępień W., Michalska-Klimeczak B, Kalaji H. 2016. Detection of Macro Nutrient deficiency in Miscanthus cultivated in Static Experiment by the use of chlorophyll fluorescence technique, 14th ESA Congress, 05-06 September 2016; Edinburgh, Scotland; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.11 Kalaji H.M., Samborska I.A., Cetner M.D., Piszcz U., Gediga K., Bielecki K., Karmowska K., Bąba W. 2016. Machine learning methods in detection of nutrient deficiency in winter rape, 7th International Conference Photosynthesis Research for Sustainability - 2016 in honour of Nathan Nelson and T. Nejat Veziroglu, June 19-26, 2016 Pushchino, Russia; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.12 Cetner M.D., Goltsev V., Kowalczyk K., Kalaji H.M. 2016. Potassium-deficiency induced changes in electron transport chain of radish, 7th International Conference Photosynthesis Research for Sustainability - 2016 in honour of Nathan Nelson and T. Nejat Veziroglu, June 19-26, 2016 Pushchino, Russia; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.13 Samborska I.A., Sieczko L., Goltsev V., Kalaji H.M. 2016. Early detection of sulphur deficiency in radish plants, 7th International Conference Photosynthesis Research for Sustainability - 2016 in honour of Nathan Nelson and T. Nejat Veziroglu, June 19-26, 2016 Pushchino, Russia; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.14 Goltsev V., Aleksandrov V., Paunov M., Velikova V., Tsonev T., Kalaji H.M. 2016. Identification of nutrients deficiencies in growth medium of *Phaseolus vulgaris* by chlorophyll fluorescence methods: application of ANN as a tool for a rapid recognition, 7th International Conference Photosynthesis Research for Sustainability - 2016 in honour of Nathan Nelson and T. Nejat Veziroglu, June 19-26, 2016 Pushchino, Russia; **poster w języku angielskim**
 - 1.2.15 Borawska-Jarmułowicz B., Mastalerczuk G., Rozya K., Kalaji H.M. 2016. Morfologiczna i fizjologiczna reakcja wiechliny łąkowej na zasolenie, Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Aktualne i perspektywiczne możliwości uprawy oraz wykorzystania roślin pastewnych”, Puławy IUNG-PIB, 19-20.05.2016, **poster w języku polskim**
 - 1.2.16 Mojski J. Kalaji M.H. 2015. Dobór gatunków roślin do ogrodu wertykalnego stosowanego w rozwiązaniach zewnętrznych. Konferencja Naukowa pod patronatem honorowym Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi „Woda- Środowisko- Obszary Wiejskie”. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, 25-26 Listopada 2015, Falenty, Polska; **poster w języku polskim**
 - 1.2.17 Račková, L., Paganová, V., Swoczyna, T., Kalaji, M.H. 2015. Non-invasive measurements of some physiological parameters to evaluate the response of small-leaved lime to drought and salinity. Enviro Nitra 2015 20th International Scientific Conference. 18-20 November 2015, Nitra, Slovakia; **poster w języku angielskim**

- 1.2.18 Borawska-Jarmułowicz B., Mastalerczuk G., Rozya K., Kalaji M.H. 2015. Reakcja *Poa pratensis* na zróżnicowane warunki zasolenia. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nowe trendy w badaniach łąkarskich” pod honorowym patronatem Dziekana Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii UP w Poznaniu, 24-25 września 2015, Poznań, Polska; **poster w języku polskim**
- 1.2.19 Cetner M.D., Kowalczyk K., Borucki W., Choudhury A.R., Tanna T., Kalaji H.M. 2015. Early response of photosynthetic apparatus efficiency to nitrogen deficiency in radish plants. Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Dr. George C. Papageorgiou. 21-26 September, Crete, Greece; **poster w języku angielskim**
- 1.2.20 Samborska I.A., Sieczko L., Borucki W., Choudhury A.R., Tanna T., Kalaji H.M. 2015. Initial disorder in structure and functions of photosystem ii in radish plants under magnesium deficiency. Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Dr. George C. Papageorgiou. 21-26 September, Crete, Greece; **poster w języku angielskim**
- 1.2.21 Paunov M., Dankov K., Dimitrova S., Velikova V., Tsonev T., Goltsev V. 2015. In vivo phenotyping of photosynthetic light reactions in leaves of two ecotypes of *Platanus orientalis* L. during water stress and after re-watering. Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Dr. George C. Papageorgiou. 21-26 September, Crete, Greece; **poster w języku angielskim**
- 1.2.22 Horaczek T., Pietkiewicz S., Stepień W., Kalaji M.H. 2015. Influence of macronutrients deficiency on CO₂ balance of *Miscanthus (Miscanthus x giganteus* Anderss) cultivated in Central Poland. VI Międzynarodowe Sympozjum Naukowe dla doktorantów, studentów i młodych naukowców „Innowacyjne badania w rolnictwie i na rzecz obszarów wiejskich” 17-19 września 2015, Bydgoszcz – Ciechocinek, Polska; **poster w języku angielskim**
- 1.2.23 Samborska I. A., Sieczko L., Kalaji M. H. 2015. Early detection of magnesium deficiency in radish plants. 10th International Conference "Plant Functioning Under Environmental Stress" September 16 - 19, 2015, Cracow, Pola; **poster w języku angielskim**
- 1.2.24 Dąbrowski P., Łukasik I., Baczewska H.A., Kalaji M.H. 2015. Test OJIP jako narzędzie do wczesnego wykrywania stresu wywołanego zasoleniem u gazonowych odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.). Konferencja "Fotosynteza – od DNA do ekosystemu,, Sekcja Biochemii i Fizjologii Roślin Polskiego Towarzystwa Botanicznego i Oddziału Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Botanicznego. 29 June 2015, Poznań, Polska; **poster w języku polskim**
- 1.2.25 Cetner M.D., Kowalczyk K., Kalaji M.H. 2015. Kształtowanie krzywej indukcji fluorescencji chlorofilu w warunkach niedoboru azotu u roślin rzodkiewki. Konferencja "Fotosynteza – od DNA do ekosystemu,, Sekcja Biochemii i Fizjologii Roślin Polskiego Towarzystwa Botanicznego i Oddziału Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Botanicznego. 29 June 2015, Poznań, Polska; **poster w języku polskim**
- 1.2.26 Samborska I.A., Sieczko L. Kalaji M.H. 2015. Wczesne wykrywanie niedoboru magnezu u roślin rzodkiewki za pomocą testu OJIP. Konferencja "Fotosynteza – od DNA do ekosystemu,, Sekcja Biochemii i Fizjologii Roślin Polskiego Towarzystwa Botanicznego i Oddziału Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Botanicznego. 29 June 2015, Poznań, Polska; **poster w języku polskim**
- 1.2.27 Romanowska- Duda Z. B., Kalaji M. H., Grzesik M., Strasser R. J. 2015. Detection of heavy metals water pollution by determine the growth and chlorophyll fluorescence in *Lemna minor* L. fifth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and to the SECOTOX Conference, 14-18 June 2015, Mykonos island, Greece; **poster w języku angielskim**
- 1.2.28 Oszako T., Dąbrowski P., Nowakowska J., Jadacki P., Tkaczyk M., Kalaji M. H. 2015. The impact of phosphite fertilizers in oak stands on the degree of surface damage and photosynthesis of the leaves caused by oak’ powdery mildew. European Oak Decline Phenomenon – monitoring and possible measures for mitigation. 6-7 July 2015. Warsaw, Poland; **poster w języku angielskim**

- 1.2.29 Saxena D. K., Kalaji M. H., Cetner M. D., Samborska I. A., Lukasik I. 2015. Seasonal and Annual Atmospheric Elemental Survey by Mosses: A conceptual Approach. Fifth International Conference on Plants & Environmental Pollution (ICPEP-5) 24-27 February 2015 Luck now, India; **poster w języku angielskim**
- 1.2.30 Kalaji M.H., Prasad M.N.V., Cetner M.D., Samborska I.A., Lukasik I., Goltsev V., Saxena D.K. 2015. OJIP test analysis as a tool to predict environmental pollution. Fifth International Conference on Plants & Environmental Pollution (ICPEP – 5). Lucknow, India, 24-27.02.2015; **poster w języku angielskim**
- 1.2.31 Samborska I.A., Sieczko L., Kalaji M.H. 2015. Analiza zmian fluorescencji chlorofilu u roślin rzodkiewki (*Raphanus sativus* L.) w celu wczesnego wykrycia niedoboru magnezu. Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych. Zakopane, Polska, 02-06.02.2015; **poster w języku polskim**
- 1.2.32 Kalaji M.H., Cetner M.D., Samborska I.A., Saxena D.K., Łukasik I., Goltsev V. 2014. Studying the performance of plants grown in tropical regions by the mean of OJIP test analysis. Tropical Ecology Congress 2014; “Tropical ecosystems in a changing world”. Delhi, Indie, 10-12.12.2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.33 Saxena D.K., Kalaji M.H., Cetner M.D., Samborska I.A., Łukasik I. 2014. National atmospheric elemental survey by mosses: A conceptual approach and methodology protocol. Tropical Ecology Congress 2014; “Tropical ecosystems in a changing world”. Delhi, Indie, 10-12.12.2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.34 Kalaji M.H., Cetner M., Samborska I., Łukasik I., Malusá E. “Spying” on products quality of organic farming by the use of Chlorophyll *a* fluorescence technique. International Conference on Innovative technologies in organic horticultural production Organized in the framework of the research project EkoTechProdukt. Skierniewice, Polska, 23-24.10. 2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.35 Cetner M. D., Kalaji H. M., Kowalczyk K., Alexandrov V., Goltsev V. 2014. A non-destructive recognition of nitrogen deficiency in radish plants. Scientific Conference Plant Physiology and Genetics – Achievements and Challenges. Organised by Institute of Plant Physiology and Genetics Bulgarian Academy of Sciences. Sofia, Bułgaria, 24–26.09.2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.36 Goltsev V., Dimitrova S., Dankov K., Aleksandov V., Krasteva V., Paunov M., Kalaji H.M. 2014. Application of biophysical luminescence methods for plant phenotyping. Scientific Conference Plant Physiology and Genetics – Achievements and Challenges. Organised by Institute of Plant Physiology and Genetics Bulgarian Academy of Sciences. Sofia, Bułgaria, 24–26.09.2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.37 Łukasik I., Dąbrowski P., Kalaji H. M. 2014. Photosynthetic efficiency and flavonoids content of radish plant under nutrients deficiency stress. Scientific Conference Plant Physiology and Genetics – Achievements and Challenges. Organised by Institute of Plant Physiology and Genetics Bulgarian Academy of Sciences. Sofia, Bułgaria, 24–26.09.2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.38 Samborska I.A., Kalaji M.H., Sieczko L., Alexandrov V., Goltsev V. 2014. The use of chlorophyll fluorescence and artificial neural networks for early detection of magnesium deficiency in radish plants. Scientific Conference Plant Physiology and Genetics – Achievements and Challenges. Organised by Institute of Plant Physiology and Genetics Bulgarian Academy of Sciences. Sofia, Bułgaria, 24–26.09.2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.39 Dąbrowski P., Pawluśkiewicz B., Baczewska A.H., Kalaji M.H., Łukasik I. 2014. Wpływ długotrwałego zacienienia na wydajność aparatu fotosyntezującego wybranych odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.), Ogólnopolskie seminarium naukowe: „Rozwój badań nad biologią i hodowlą traw”. Warszawa, Polska, 22.09.2014; **poster w języku polskim**

- 1.2.40 Goltsev V., Dimitrova S., Dankov K., Aleksandrov V., Krasteva V., Paunov M., Kalaji M.H., Strasser R.J. 2014. Application of biophysical luminescence methods for plant phenotyping, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Vladimir A. Shuvalov. Pushchino, Russia, 2–7.06. 2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.41 Kalaji M.H., Cetner M.D., Samborska I.A., Łukasik I., Goltsev V. 2014. Some unusual applications of chlorophyll fluorescence, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Vladimir A. Shuvalov. Pushchino, Russia, 2–7.06. 2014; **poster w języku angielskim**
- 1.2.42 Bosa K., Jadczyk-Tobjasz E., Kalaji M.H. 2013. Zastosowanie fluorescencji chlorofilu jako bezinwazyjnej metody do oceny stanu odżywienia drzew gruszy (*Pyrus communis*). Ogólnopolska Ogrodnicza Konferencja Naukowa pt. „Ziemia Roślina Człowiek”. Kraków, Polska, 11-12.09. 2013; **poster w języku polskim**
- 1.2.43 Borawska-Jarmulowicz B., Mastalerczuk B., Kalaji M.H. 2012. Effect of thermal stress conditions on plant photosynthetic efficiency of *Dactylis glomerata* and *Lolium perenne* varieties. 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiology research and their benefits to the future”, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.44 Bosa K., Jadczyk-Tobjasz E., Kalaji M.H., Majewska M. 2012. Photosynthetic productivity and yielding of pear trees grown on different rootstocks and potassium fertilization levels. 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiology research and their benefits to the future”, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.45 Czapla A., Kielkiewicz M., Kalaji M.H., Bosa K. 2012. Photosynthetic efficiency of maize in response to two-spotted spider mites (*Tetranychus urticae* Kocha) feeding and/or soil drought conditions. 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiology research and their benefits to the future”, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.46 Dąbrowski P., Pawluśkiewicz B., Kalaji M.H. 2012. Effect of shading on the efficiency of photosynthetic apparatus of selected lawn varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiology research and their benefits to the future”, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.47 Kowalczyk K., Gajc-Wolska J., Kalaji M.H. 2012. Reactions of photosynthetic apparatus of Endive plant to different culture media. 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiology research and their benefits to the future”, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.48 Romanowska-Duda Z., Grzesik M., Pszczółkowski W., Pszczółkowska A., Kalaji M.H., Bosa K. 2012. Phytoremediation strategies applied *Panicum virgatum* to the decontamination of soils polluted with heavy metals. 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiology research and their benefits to the future”, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.49 Malusà E., Bosa K., Kalaji M.H., Jadczyk-Tobjasz E., Ciesielska J. Effect of organic photosynthetic efficiency of strawberry plants. Organic fruit 2012: From Research to Practice. 2nd International Organic Fruit Research Symposium, Leavenworth, Washington, USA, 18-21.06.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.50 Chorąży A., Kalaji M.H., Bosa K. 2012. Seaweed extract impact on photosynthetic efficiency of Highbush blueberry. 10th International Symposium on Vaccinium and Other Superfruits, MECC Maastricht, The Netherlands, 17-21.06.2012; **poster w języku angielskim**
- 1.2.51 Bosa K., Jadczyk-Tobjasz E., Kalaji M.H. 2012. Photosynthetic productivity and yielding of pear trees in different conditions of potassium fertilization. 3rd CASEE conference “Sustainable Agriculture and Food Production in the Danube Region”, 2012 USAMV Cluj-Napoca, Romania, 3-5.05.2012; **poster w języku angielskim**

- 1.2.52 Saxena D.K., Kalaji M.H., Gathori D. 2011. Large scale atmosphere monitoring by mosses in India: a conceptual approach. Book of Abstracts 24th Task Force Meeting of the UNECE ICP Vegetation. Rapperswil-Jona, Switzerland, 31.01-02.02.2011; **poster w języku angielskim**
- 1.2.53 Kalaji M.H., Oszako T., Bosa K. 2011. The use of chlorophyll fluorescence in assessing the vitality of trees. Ogólnopolska konferencja naukowa: „Metody fizyczne w badaniu środowiska rolno-spożywczego i leśnego”, Białowieża, Polska, 7-9.09.2011; **poster w języku polskim**
- 1.2.54 Boguszewska D., Kalaji M.H., Zagdańska B., Pietkiewicz S. 2011. Gas exchange and water use efficiency in potato as related to the level of drought tolerance. Book of Abstracts, The 18th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, EAPR2011, Oulu, Finland, 24.07-29.07.2011; **poster w języku angielskim**
- 1.2.55 Oszako T., Małecka M., Kubiak K., Gąsczyk K., Sierota Z., Kalaji M.H., Bosa K. 2011. Reaction of oak seedlings to *Phytophthora* infection in slow sand filters experiment. Book of Abstracts, International Scientific Conference Climate change: agro- and forest systems sustainability, Babtai, Lithuania, 21.06-22.06.2011; **poster w języku angielskim**
- 1.2.56 Kalaji M.H., Govindjee, Bosa K., Kościelniak J., Żuk-Gołaszewska 2010. Photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces under salt stress. Book of Abstracts, 15th International Congress of Photosynthesis, Beijing, China, 22-27.08.2010; **poster w języku angielskim**
- 1.2.57 Swoczyna T., Kalaji M.H., Pietkiewicz S., Borowski J., Zaraś-Januszkiewicz E. 2009. Chlorophyll *a* fluorescence: A useful tool to study young urban trees tolerance to streetside conditions. 8th International Conference. Eco-physiological aspects of plant responses to stress factors. Kraków, Polska, 16-21.09.2009; **poster w języku angielskim**
- 1.2.58 Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S. 2009. Wpływ nawożenia osadem ściekowym słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.) na wybrane parametry biologii gleby i fizjologii rośliny. Materiały konferencyjne, XLIII Międzynarodowe Sympozjum Mikrobiologiczne „Wkład mikrobiologii w rozwój rolnictwa i ochrony środowiska – 90-lecie mikrobiologii w Polsce. Warszawa – Falenty, Polska, 2-5.09.2009; **poster w języku polskim**
- 1.2.59 Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S. 2009. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry fluorescencji chlorofilu *a* i plon biomasy słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.). Materiały konferencyjne, III Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kształtowanie i ochrona środowiska – uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne.” Olsztyn, Polska, 23-25.06.2009; **poster w języku polskim**
- 1.2.60 Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Chojnicki J., Bluszcz K., Russel S. 2009. Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne roślin energetycznych nawożonych osadem ściekowym na przykładzie *Polygonum sachalinense*. Materiały konferencyjne, III Ogólnopolska Konferencja Doktorantów “Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie”. Kraków, Polska, 21.03.2009; **poster w języku polskim**
- 1.2.61 Rykaczewska K., Pietkiewicz S., Kalaji M.H. 2007. The effect of high temperature stress during vegetation period on development and yielding of potato grown from minitubers. In: Eco-physiological aspects of plant responses to stress factors. Book of abstracts of 7th International Conference. Kraków, Polska. 19-22.09.2007; **poster w języku angielskim**
- 1.2.62 Rykaczewska K., Pietkiewicz S., Kalaji M.H. 2007. The influence of climate warming on potato plant development in Poland. Farming Systems Design 2007: An international symposium on Methodologies for Integrated Analysis of Farm Production Systems. Catania, Sicily, Italy. 10-12.09.2007; **poster w języku angielskim**
- 1.2.63 Romanowska-Duda Z.B., Grzesik M., Kalaji M.H., Strasser R. 2006. *Spirodela oligorrhiza* jako bioindykator metali ciężkich wód śródlądowych. Ogólnopolska Konferencja. Wdrażanie Ramowej

- Dyrektywy Wodnej. Ocena Stanu Ekologicznego wód w Polsce. Łódź, 7-9.12.2006, s.62-63; **poster w języku polskim**
- 1.2.64 Kalaji M.H. 2006. PSII bioenergetics of maize seedlings growing under salt stress. Conference on Biosaline Agriculture & High Salinity Tolerance (ICBA-HST) - Tunis (Tunisia) 3-8.11.2006; **poster w języku angielskim**
- 1.2.65 Rykaczewska K., Kalaji M.H., Pietkiewicz S. 2006. Reakcja odmian ziemniaka na stres chłodu – ocena przy użyciu techniki fluorescencji chlorofilu. W: Zasoby genowe roślin w ochronie różnorodności biologicznej. Materiały III Ogólnopolskiej Konferencji, Lublin, 27-29.06.2006; **poster w języku polskim**
- 1.2.66 Romanowska-Duda Z.B., M. Grzesik, Kalaji M.H., Strasser R.J. 2005. The usefulness of physiological and biochemical biomarkers in the higher plants for the estimation of the contamination water reservoirs. European Society for New Methods in Agriculture Research (ESNA), 29.08-02.09.2005, Amiens, France; **poster w języku angielskim**
- 1.2.67 Romanowska-Duda ZB, Grzesik M, Kalaji MH, Strasser RJ (2005) Biomarkers in *Spirodela oligorrhiza* for the assessment and monitoring of water quality. 12th Inter. Symposium on Toxicity Assessment In: „Toxicity Assessment”, A. Kungolos A (Ed.), ISBN 960-88067-6-3 s. 32; **poster w języku angielskim**
- 1.2.68 Romanowska-Duda Z., Kalaji M.H., Strasser R. 2004. The use of PSII activity of *Spirodela oligorrhiza* plants as an indicator for water toxicity. 13th International Congress of Photosynthesis, 29.08-3.09.2004, Canada; **poster w języku angielskim**
- 1.2.69 Kotlarska-Jaros E., Kalaji M.H., Pietkiewicz S., Rykaczewska K., Piotrowska W. 2004. Photosynthetic activity of potato plant as affected by different nitrogen fertilization. VIII European Society for Agronomy Congress. Copenhagen, Denmark, 11-15.07.2004; **poster w języku angielskim**
- 1.2.70 Pietkiewicz S., Rykaczewska K., Kalaji M.H., Kotlarska-Jaros E. 2004. Analiza fotosyntetycznej produktywności dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka przy użyciu skomputeryzowanej aparatury kontrolno-pomiarowej. III Konferencja Naukowa „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”. Polanica Zdrój, Poland, 10-13.05.2004, 140-141; **poster w języku polskim**
- 1.2.71 Chołuj D., Karwowska R., Jasińska M., Haber G., Podlaski S., Pietkiewicz S., Kalaji M.H. 2001. Drought effects on dry matter partitioning and growth of sugar beet. 37th Croatian Symposium on Agriculture – CSA, 19-23.02.2001; **poster w języku angielskim**
- 1.2.72 Nalborczyk E., Kalaji M.H. 2000. Triticale, wheat or rye cereal of the next millennium. International Conference „Ecophysiology of Plant Production Processes in Stress Conditions”. Section II, Abiotic and biotic stresses. Račkova Dolina – Slovakia, 12-4.09.2000; **poster w języku angielskim**
- 1.2.73 Chołuj D., Kalaji M.H. 1995. Wybrane parametry wymiany gazowej pomidora po przechłodzeniu. W: Szata roślinna Polski. PTB. Kraków; **poster w języku polskim**

2) Członkostwo w Radach Naukowych i Komisjach

- Członek Rady Wydziału Rolnictwa i Biologii, SGGW (od 2013)
- Członek Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach (od 2017)
- Komisja ds. rozwoju i oceny kadry naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach, Zastępca Przewodniczącego (kadencja 2017 -2021 r.)
- Komisja Senacka SGGW do Współpracy z Zagranicą- Członek (kadencja 2017 -2021 r.)

3) Wykaz zrealizowanych projektów naukowo-badawczych krajowych, europejskich i innych międzynarodowych

- Wykonawca badań w projekcie BIOSTRATEG2/296369/5/NCBR/2016; PBOSPBC pt.: „Przetwarzanie biomasy odpadowej w skojarzonych procesach biologiczno-chemicznych” (Zadanie 6 w zakresie oceny fluorescencji chlorofilu w kulturach mikroglonów), 2016-2019. Całkowita wartość projektu: 29 591 845 PLN.
- Wykonawca grantu NCN nr 2675/B/P01/2011/40 „Opracowanie metody oceny efektywności wykorzystania wody przez jednoliścienne rośliny uprawne za pomocą pomiarów fluorescencji chlorofilu oraz wymiany gazowej”, 2011–2014.
- Wykonawca grantu MNiSW nr N R12 0098 10 „Stosowanie fosforynów, jako elicytorów odporności na patogeny korzeni w szkołkach leśnych i drzewostanach”, 2010–2013.
- Wykonawca projektu KSI-POKL.04.01.01.-00-232/08-0 „Program unowocześnienia kształcenia w SGGW dla zapewnienia konkurencyjności oraz wysokiej kompetencji absolwentów”, finansowanego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki (POKL) oraz współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, 2009–2013
- Wykonawca projektu IHAR-PIB nr 4-3-00-3-03 „Określenie fizjologicznych wskaźników tuberyzacji i plonowania roślin ziemniaka za pomocą klasycznej analizy wzrostu i przy użyciu nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej celem zastosowania ich w hodowli”, 2003–2007.
- Wykonawca grantu aparaturowego KBN „Uzupełnienie aparatury naukowo-badawczej dla Katedry Fizjologii Roślin o urządzenia kontrolno-pomiarowe do badań reakcji roślin uprawnych na stresy”, 2000–2001.
- Wykonawca grantu 5P06B02515 „Wykorzystanie fotosyntetycznie aktywnej radiacji do produkcji biomasy tradycyjnych i półkarłowych ozimych form pszenżyta, pszenicy i żyta”, 1999–2004.
- Zorganizowanie i uruchomienie pracowni kultur tkankowych w Katedrze Fizjologii Roślin, Wydział Rolnictwa, SGGW. 1994. W ramach grantu uczelnianego zaprojektowano i wykonano prace techniczne związane z tworzeniem pracowni kultur tkankowych oraz zakupiono i uruchomiono niezbędną aparaturę. Pracownia służyła do produkcji *in vitro* sadzonek *Miscanthus giganteus*, mini bulw ziemniaka oraz dla celów dydaktycznych (specjalność: Biotechnologia roślin).

4) Informacje o kierowaniu zespołami badawczymi realizującymi projekty finansowane w drodze konkursów krajowych i zagranicznych

- Koordynator projektu nr. POIR.01.01.01-20-1911/15 pt.: „Triffid – produkt przyszłości Klastra Obróbki Metali (KKK). White Hill synergia kooperacji w obszarze B+R” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, Osi Priorytetowej: Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa Działania: Projekty B+R przedsiębiorstw, 2016-2020. Całkowita wartość projektu: 8 744 814,80 PLN.
- Kierownik minigrantu pt. "iPlant - zdalny system monitorowania stanu fizjologicznego roślin” (2018). Całkowita wartość mini projektu: 55 000 PLN. Mini Grant jest zrealizowany w ramach Programu Inkubator Innowacyjności + przyznanego dla Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego

w Warszawie (Lider) oraz Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (Partner). Grant jest zrealizowany w ramach projektu systemowego Wsparcie zarządzania badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac B+R w jednostkach naukowych i przedsiębiorstwach, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Całkowita wartość projektu: 2 200 000 PLN.

- Koordynator grantu NCBR pt. „Oszczędność zasobów wodnych i poprawa jakości powietrza dzięki wykorzystaniu retencyjnej wody opadowej” w I edycji strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG, 2014–2017 – ID: 270606 (do dnia dzisiejszego nie podpisano umowy z NCBR-em z powodów administracyjnych pomimo pozytywnej oceny grantu i przyznania środków finansowych- Decyzja NCBR nr. DZP/BIOSTRATEG-I/2489). Całkowita wartość projektu: 20 321 015 PLN.
- Zastępca kierownika tematu naukowo-badawczego „Określenie fizjologicznych wskaźników tuberyzacji i plonowania roślin ziemniaka przy użyciu nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej”. Zlecenie MRiRW 2002–2007.

III. Informacja o współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

1) W obszarach wiedzy: nauki ścisłe, nauki techniczne, nauki przyrodnicze, nauki rolnicze, leśne i weterynaryjne, nauki medyczne i nauki o zdrowiu oraz nauki o kulturze fizycznej

a) Dorobek technologiczny i współpraca z sektorem gospodarczym

- Przedstawicielstwo naukowe - rola: badania naukowo-rozwojowe w kierunku tworzenia i ulepszenia aparatury naukowo-badawczej z zakresu biologii i fizjologii roślin (opracowanie prototypów oraz pomoc techniczna) w firmach:

[1]Hansatech Instruments Ltd, United Kingdom

[2]bbe Moldaenke GmbH, Germany

[3]FORCE-A, Université Paris Sud, France

[4]Skye Instruments Ltd, United Kingdom

[5]PP Systems International, Inc., USA

- Firma Zielona Architektura (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego murawy na Stadionie Narodowym w Warszawie, za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu. Przygotowanie do Mistrzostw Europy w Piłce Nożnej 2012 (EURO 2012).
- Firma Avgust Crop Protection Company (Ukraina). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu.
- Firma COOLEX Libner – Brzostowski Company (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego owoców za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu (sady SGGW).
- Firma AB System (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin ogrodów wertykalnych za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu.
- Firma Headwall (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin za pomocą dronów.

- Firma Fly & Watch (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin za pomocą dronów.
- Firma Bobus Lab. Sp. z o.o. Pacanowice (Polska). Bioniczna szklarnia - standaryzacja procesów oświetlania roślin w uprawie pod osłonami z uwzględnieniem zapotrzebowania roślin na składniki mineralne, H₂O i CO₂.
- Firma „Lafoge” Wiesław Ksztoń (Polska). Opracowanie nowoczesnego oświetlenia w szklarniach bazującego na pomiarze fluorescencji chlorofilu.
- Firma Norbert Kochanowski”. Opracowanie systemu biologicznego sprzężenia zwrotnego do kontroli jakości i intensywności światła optymalnej dla roślin.
- Firma Clean World Energy Systems (Polska). Kompleksowa technologia CHP, P2G & P2P, Nowa era w energetyce, chemii i ochronie środowiska naturalnego.
- Firma IQGarden (Polska). Opracowanie zdalnego systemu monitorowania roślin do projektu Polskiej Zielonej Ściany (PZŚ) w systemie IQ GARDEN dla budynku Rotundy Banku PKO BP SA w Warszawie przy Rondzie Dmowskiego.

b) Prawa własności przemysłowej lub prawa do ochrony wyhodowanych albo odkrytych i wyprowadzonych odmian roślin, uzyskane w kraju lub za granicą

Brak

c) Wdrożenia technologii, konstrukcji, procesów, rozwiązań oraz procedur

Nowatorski zdalny system monitorowania stanu fizjologicznego roślin „iPlant” opracowany w ramach projektu Inkubator Innowacyjności + (SGGW w Warszawie). Produkt jest w postaci prototypu. Poziom TRL jest IV. Zgłaszany przedmiot komercjalizacji jeszcze nie posiada ochrony praw własności intelektualnej. Nie był zgłoszony w polskim urzędzie patentowym lub w zagranicznym. Przedmiot komercjalizacji nie jest chroniony z uwagi na wykorzystanie narzędzi informatycznych "Open Source" i zastosowanie handlowych (dostępnych na rynku) przetworników obrazu. iPlant to bezinwazyjny system monitorowania kondycji bazujący na danych metabolicznych pochodzących bezpośrednio od roślin. Powstał w odpowiedzi na potrzeby przedsiębiorstw (m. in. producentów warzyw pod osłonami w skali przemysłowej), np. firm „Lafoge” Wiesław Ksztoń, "Bobus" Borowiak Łukasz oraz „Norbert Kochanowski”, obiektów sportowych i in. Rozwiązania zastosowane w technologii iPlant przyczyni się do rozwoju polskich firm i do zwiększenia ich przychodów, co stworzy możliwość ekspansji biznesowej.

Ponadto, system wspomaga opracowanie certyfikowanych systemów upraw roślin pod osłonami, zdolnych do konkurencji na rynkach międzynarodowych. Dodatkową korzyścią jest budowa kapitału ludzkiego poprzez zatrudnienie naukowców, specjalistów, diagnostów oraz ekspertów z zakresów zrównoważonej uprawy roślin, inteligencji roślin i ich wpływ na poprawę jakości i opłacalności upraw.

Ewentualne zastrzeżenie patentowe systemu może dać możliwość budowania sprzedaży poprzez produkcję własną oraz sprzedaż klientom zewnętrznym praw do korzystania z zastrzeżonych produktów w późniejszym okresie, po czasie ekspansji na rynku krajowym, umiędzynarodowienie marki iPlant.

Technologia została szerzej opisana w pkt. B. II.

d) Ekspertyzy i inne opracowania wykonane na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

- Ministerstwo Rolnictwa (Zjednoczonych Emiratów Arabskich).
- Wydziały Rolnictwa Akademii Rolniczej w Damaszku i Aleppo (Syria).
- Uniwersytet Rolniczy (Nitra, Słowacja).
- Uniwersytet Agroekologiczny (Zhytomyr, Ukraina).
- IHAR–PIB (Oddziały Radzików i Jadwisin, Polska).
- ICARDA Międzynarodowe Centrum Badań Rolniczych na Suchych Obszarach (Syria).
- ACSAD Arabskie Centrum Badań Stref Pustynnych i Ziem Suchych (Syria).
- Uniwersytet Corvinus (Budapeszt, Węgry).
- Uniwersytet Babes-Bolyai (Cluj-Napoca, Rumunia).
- Uniwersytet Kopenhaski (Kopenhaga, Dania).
- Czeski Uniwersytet Rolniczy (Praha, Republika Czeska).
- Udział w tworzeniu projektu Centrum Biologii Doświadczalnej przy Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Mój wkład polegał na zaplanowaniu wyposażenia Pracowni Produktowności Roślin w nowoczesną i skomputeryzowaną aparaturę kontrolno-pomiarową (2013-2017).

e) Udziały lub akcje objęte lub nabyte w spółkach w celu wdrożenia lub przygotowania do wdrożenia wyników badań naukowych, prac rozwojowych lub know-how związanych z tymi wynikami

- Przygotowanie do wdrożenia wyników badań naukowych dotyczących sztucznej inteligencji roślin w firmie White Hill (Białystok)
<http://whitehill.eu/>
- Przygotowanie do wdrożenia wyników badań naukowych dotyczących zastosowania zdalnego systemu monitorowania stanu fizjologicznego roślin w szklarniach dla firmy VEGI (Warszawa)
<https://vegi.eu/>
- Przygotowanie do wdrożenia wyników badań naukowych dla firmy IQ GARDEN dla budynku Rotundy Banku PKO BP SA w Warszawie przy Rondzie Dmowskiego
<http://iqgarden.pl/>

f) Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

- Ekspert do oceny wniosków dotyczących projektów krajowych, np. Ośrodek Przetwarzania Informacji (OPI) (2008-2009), Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) (2009-2014).

Organ zlecający	Rok	Rodzaj projektu	Liczba projektów
Ośrodek Przetwarzania Informacji	2008	Badawczo rozwojowy Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka	1

	2009	Badawczo rozwojowy Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka	1
Narodowego Centrum Badań i Rozwoju	2009	Badawczy	1
	2012	Badawczy	11
	2012	Badawczo rozwojowy Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka	2
	2013	Wnioski wstępne o dofinansowanie projektu w ramach programu badań stosowanych –PBS	10
	2014	II Konkurs GEKON	1
	2014	Wnioski wstępne o dofinansowanie projektu w ramach programu badań stosowanych –PBS	12
RAZEM			39

- Ekspert w grantie MNiSW nr N 305 05332/1931 „Recykling osadów ściekowych w intensyfikacji ekologicznej uprawy roślin energetycznych, wykorzystywanych jako eko-biopaliwa oraz w fitoremediacji zdegradowanych terenów i zeutrofizowanych wód”. Współpraca z Katedrą Rozwoju i Wzrostu Roślin, Uniwersytetu Łódzkiego, 2007–2010.
- Ekspert do oceny zadania na zlecenie ZOM Warszawa „Pomiary wilgotności gleb i fluorescencji chlorofilu liści drzew” w ramach badań nad zastosowaniem wybranych gatunków drzew na terenach przyulicznych w Warszawie”. Współpraca z Zakładem Dendrologii, Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW w Warszawie, 2008–2009.
- Ekspert w temacie badawczym 27-U-15 „Filtry w zamkniętym obiegu wody w szkółkach leśnych, jako metoda eliminowania z materiału sadzeniowego organizmów pasożytniczych i kwarantannowych”. Współpraca z Instytutem Badawczym Leśnictwa, 2007–2008.
- Ekspert w grantie KBN N305 029 31/1226 „Znaczenie interakcji międzygatunkowych w inwazji niecierpka drobnokwiatowego *Impatiens parviflora* D.C. na terenie Mazurskiego Parku Krajobrazowego”. Współpraca z Centrum Badań Ekologicznych, 2006–2008.
- Ekspert w grantie KBN nr 3 PO4G 059 25 „Zastosowanie roślin wyższych do opracowania biotestów indykacji skażeń toksycznych obecnych w zbiornikach wody pitnej”. Katedra Rozwoju i Wzrostu Roślin, Uniwersytetu Łódzkiego, 2003–2006.
- Konsultant w grantie KBN nr 3 P04G 053 24 „Wzrost rodzimych gatunków drzew w warunkach środowiska zurbanizowanego i naturalnego”, 2003–2005.

IV. Informacja o współpracy międzynarodowej

1) We wszystkich obszarach wiedzy, z wyłączeniem obszaru wiedzy sztuka

a) Staże zagraniczne (wraz z określeniem czasu ich trwania)

- Visiting Professor (Senior Guest Professor of the Research, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Yantai, Chiny (XII 2012 – XII 2015).
- Roczne stypendium w ramach Narodowego Słowackiego Programu Stypendialnego (The National Scholarship Programme of the Slovak Republic for the Support of Mobility of Students, PhD. Students, University Teachers and Researchers) (2006/2007).
- Staże na Uniwersytecie w Genewie – Szwajcaria “Laboratory of Bioenergetics”. Badania naukowe (wspólnie z profesorem Reto Strasserem) nt. fluorescencji chlorofilu roślin w warunkach stresu w okresach: kwiecień-maj 2001, czerwiec-wrzesień 2005, czerwiec-wrzesień 2006, czerwiec-wrzesień 2007, czerwiec-wrzesień 2008, czerwiec-wrzesień 2009.
- International Postgraduate Training Courses and Study Stays for Teachers in Agricultural Schools organized by UNESCO - University of Agriculture Nitra, Czechoslovakia. 3.09–9.11.1990.
- Stypendium doktoranckie w Polsce otrzymane w ramach bilateralnej umowy między rządem syryjskim i polskim (1985).

b) Udział w ocenie projektów międzynarodowych

Organ zlecający	Rok	Rodzaj projektu	Liczba projektów
Komisja Europejska Bruksela, Belgia	2008	Knowledge-Based Bio-Economy FP7- KBBE-2008	8
	2008	Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2008-IRSES	6
	2008	Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2008-IEF-IIF-IOF	22
	2009	Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2009-IRSES	12
	2009	Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2009-IEF-IIF-IOF	20
	2010	Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2010-IRSES	14
	2010	Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2010-IEF-IIF-IOF	18
	2011	Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2011-IRSES	14
	2011	Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2011-IEF-IIF-IOF	18
	2012	Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2012-IEF-IIF-IOF, panel Environment, funkcja Vice Chair (Superecenzent)	54
	2013	Marie Curie Individual fellowships	94

		FP7-PEOPLE-2012-IEF-IIF-IOF, panel Environment, <u>funkcja Vice Chair (Superecenzent)</u>	
	2013	The Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2013-IRSES	12
	2013	Marie Curie Career Integration Grants (CIG)	19
	2014	HORIZON 2020 H2020-MSCA-IF-2014, <u>funkcja Vice Chair (Superecenzent)</u>	145
	2015	HORIZON 2020 H2020-MSCA-IF-2015 European & Global Fellowships, <u>funkcja Vice Chair (Superecenzent)</u>	61
	2016	H2020-MSCA-IF-2016 European & Global Fellowships, <u>funkcja Vice Chair (Superecenzent)</u>	83
	2017	H2020-MSCA-IF-2017 European & Global Fellowships, <u>funkcja Vice Chair (Superecenzent)</u>	27
	2017	Human Resources Strategy for Researchers (HRS4R)	5
	2018	Erasmus Mundus Joint Master Degrees (EMJMD) applications- 2018-EAC/A05/2017	7
Czech Science Foundation (GA CR), Czechy	2008	Badawczy	2
Slovak Research and Development Agency (APVV), Słowacja	2006	Badawczy	1
	2007	Badawczy	1
	2014	Badawczy	1
	2015	Badawczy	4
South Moravian Centre for International Mobility (SoMoPro Programme), Czechy	2009	Badawczy	1
Polsko–Norweski Fundusz Badań Naukowych	2008	Badawczy	1
Science and Technological Development Fund (STDF), Egipt	2010	Badawczy	8
COOPERATION 2011 - Partnerships of Production and Research Institutions in Focused Research and Technology Sectors - Hellenic Republic Ministry of Education, Lifelong Learning	2011	Badawczy	6

& Religious Affairs Special Agency, Grecja			
The Investment and Development Agency of Latvia	2017	Badawczy	1
Lithuania	2017	Badwczy	2
RAZEM			667

c) Recenzowanie prac publikowanych w czasopismach międzynarodowych posiadających współczynnik wpływu impact factor

Tytuł czasopisma	Okres/rok	Liczba recenzji publikacji	IF _{5 lat}
Acta Physiologiae Plantarum	1994-2011	7	1.530
Computers and Electronics in Agriculture	2009	1	1.998
Dendrobiology	2009	1	0.591
Folia Forestalia Polonica	2009-2012	3	-
Journal of Agronomy and Crop Science	2009-2011	2	2.145
Photosynthetica	2009-2012	2	1.219
Taibah University Journal	2011	2	-
Environmental and Experimental Botany	2012	1	3.553
Journal of Environmental Monitoring	2012	1	2.137
OMICS-A Journal of Integrative Biology	2012	1	2.518
Folia Forestalia Polonica	2012	1	-
African Journal of Biotechnology	2013	1	-
Ecological Engineering	2013	1	3.479
Environmental and Experimental Botany	2013	1	3.529
Folia Forestalia Polonica	2013	1	-
Frontiers in Plant Science	2013	1	3.645
Global Journal of Botanical Science	2013	1	-
Metallomics	2013	1	4.010
Plant Biosystems	2013	1	1.863
Plant Omics	2013	1	0.802
Plant, Soil and Environment	2013	1	1.279
Photosynthesis Research	2013	1	3.365
Acta Physiologiae Plantarum	2014	2	1.671
Ecology and Evolution	2014	1	2.343
Environmental Science and Pollution Research	2014	1	2.920
Frontiers in Plant Science	2014	1	3.990
Photosynthetica	2014	1	1.403
Plant Biology	2014	1	2.633
Plant Physiology and Biochemistry	2014	2	3.330
Proceedings of the National Academy of Sciences, Biological India	2014	1	0.212

Sensors	2014	1	2.474
The Scientific World Journal	2014	1	-
Photosynthetica	2015	1	1.403
Springer NASB Biological Sciences	2015	1	0.396
Frontiers in Plant Sceince	2015	1	0.212
Acta Physiologiae Plantarum	2015	2	1.671
Plos One	2015	1	3.702
Plant Biosystems	2015	1	1.863
Photosyntetica	2015	1	1.403
Industrial Crops and Products	2015	1	3.500
Theoretical and Experimental Plant Physiology	2015	1	0.885
Archives of Environmental Protection	2015	1	0.900
Journal of Photochemistry and Photobiology B Biology	2015	2	3.035
Environmental Science and Pollution Research	2015	1	2.920
Analytical Methods	2015	1	1.820
Biologia Plantarum	2015	1	1.665
Arabian Journal for Science and Engineering	2015	1	0.728
Plant, Soil and Environment	2015	1	1.407
Global Journal of Botanical Science	2015	1	-
Frontiers in Plant Science	2015	1	4.495
Web ecology WE	2015	1	0.793
Spectroscopy Letters	2015	1	0.800
Scientific Reports	2015	1	5.228
Journal of Agricultural Science and Technology	2015	1	0.877
Plant Physiology and Biochemistry	2015	1	2.928
Photosynthesis research	2016	1	3.864
Photosynthetica	2016	3	1.507
Plant, Soil and Environment	2016	1	1.407
Plant Physiology and Biochemistry	2016	1	2.724
Rice Science	2016	1	1.521
Optics Express	2016	3	3.307
Journal of Luminescence	2016	1	2.686
OMICS- Journal of Bioengineering & Biomedical Science	2016	1	0.750
Plant Biology	2016	1	2.106
Global Journal of Botanical Science	2016	1	-
Frontiers in Plant Sceince	2016	4	4.298
Journal Agriculture (Poljoprivreda)	2016	1	-
Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus	2016	1	0.550

Computers and electronics in agriculture	2016	1	2.091
Environmental Science and Pollution Research	2016	1	2.741
Annals of Agricultural Science	2016	1	1.291
iForest - Biogeosciences and Forestry	2016	1	1.623
Folia Forestalia Polonica	2017	1	-
Environmental and Experimental Botany	2017	1	3.666
Photochemical & Photobiological Sciences	2017	1	2.902
Ecotoxicology	2017	1	1.987
Indian Journal of Experimental Biology	2017	1	1.475
PLOS ONE	2017	2	2.766
Global Journal of Botanical Science	2017	1	-
Plant Physiology and Biochemistry	2017	1	2.718
Functional Plant Biology	2017	1	2.083
Photosynthetica	2017	2	1.740
Agronomy	2017	1	1.419
Civil and environmental engineering reports	2017	1	2.210
BMC Plant Biology	2017	1	3.930
Optics express	2017	1	3.356
Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology	2017	1	3.165
Plant Biosystems	2017	1	1.203
Environmental Engineering and Management Journal	2017	1	1.000
Acta Physiologiae Plantarum	2018	1	1.691
Agronomy	2018	1	1.419
Current Bioactive Compounds	2018	1	-
Environmental and Experimental Botany	2018	1	3.666
Journal of Experimental Botany	2018	1	6.044
Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology	2018	1	3.165
Plant Physiology and Biochemistry	2018	2	2.718
PLOS ONE	2018	1	2.766
Plant, Soil and Environment	2018	1	3.306
RAZEM		121	

d) Członkostwo w międzynarodowych organizacjach i towarzystwach naukowych

- Polskie Towarzystwo Biologii Eksperymentalnej Roślin- PTBER
- Federation of European Societies of Plant Biology- FESPB
- New York Academy of Sciences- NYAS
- American Society of Plant Physiologists- ASPP
- International Society of Photosynthesis Research - ISPR
- UK Controlled Environment Users' Group – CEUG

e) Udział w międzynarodowych zespołach eksperckich

- Ekspert do oceny wniosków dotyczących projektów Komisji Europejskiej, np. Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme (2008-2018), Knowledge-Based Bio-Economy FP7- KBBE-2008, Strategia HR dla pracowników naukowych (HRS4R) (2016-2018).
- Ekspert do oceny wniosków dotyczących projektów międzynarodowych, np. Czech Science Foundation (GA CR), Czechy (2008), Slovak Research and Development Agency (APVV), Słowacja (2006-2015), South Moravian Centre for International Mobility (SoMoPro Programme), Czechy (2009), Polsko–Norweski Fundusz Badań Naukowych (2008), Science and Technological Development Fund (STDF), Egipt (2010), COOPERATION 2011 - Partnerships of Production and Research Institutions in Focused Research and Technology Sectors - Hellenic Republic Ministry Of Education, Lifelong Learning & Religious Affairs Special Agency, Grecja (2011).
- Ekspert w projekcie: Mycorrhizae for Vegetable Farming in Cyprus. W ramach współpracy z Laboratorium Bioenergetyki Uniwersytetu Genewskiego (prof. Reto Strasser) w ramach United Nations Development Programme (UNDP) w temacie: “Innovative Biological Approaches for the Reforestation of Environmentally-Stressed Sites (IBARESS)”, 2005–2006.

f) Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych

Brak

g) Udział w międzynarodowych zespołach badawczych

- Uniwersytet Agroekologiczny, Zhytomyr, Ukraina
- Instytut Zasobów Naturalnych i Badań Środowiska /Kacst Herbarium, King Abdulaziz City for Science and Technology, Riyadh, Arabia Saudyjska
- Katedra Biologii, Wydziału Nauk Przyrodniczych, University of Hacettepe, Ankara, Turcja
- Katedra Fizjologii Roślin, Slovak Agricultural University, Nitra, Słowacja
- Laboratorium Bioenergetyki, University of Geneva, Genewa, Szwajcaria
- ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas), Aleppo, Syria
- Zakład Botaniki, Bareilly College, Bareilly, Indie
- Wydział Biotechnologii Rolnej, Florencja, Włochy
- Wydział Rolnictwa, USAMV, Cluj–Napoca, Rumunia
- Universidade de Aveiro, CESAM Center for Environmental and Marine Studies, Portugalia
- Environmental Institute of Scientific Networks EISN-INSTITUTE, Niemcy
- Wydział Rolnictwa, Tanta University, Egipt
- Instytut Nauk Biologicznych i o Zdrowiu, Federal University of Alagoas, Brazylia
- Instytut Fizjologii Roślin, Rosyjskiej Akademii Nauk, Moskwa, Rosja
- Instytut Podstawowych Problemów Biologicznych, Rosyjskiej Akademii Nauk, Pushchino, Rejon moskiewski, Rosja

- Katedra Biofizyki I Radiobiologii, Wydziału Biologii, St. Kliment Ohridski University of Sofia, Bułgaria
- Wydział Ogrodniczy, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Valencia, Hiszpania
- Katedra Rolnictwa, Żywności i Środowiska Via del Borghetto, Piza, Włochy
- Plant Lighting BV, Bunnik, Holandia
- Szkoła Nauk o Życiu, Devi Ahilya University, Indore, Indie
- Wydział Nauk o Życiu i Biotechnologii, University of Ferrara, Ferrara, Włochy
- Centrum Nauk o Życiu, Central University of Jharkhand, Ranchi, Indie
- Wydział Produkcji Roślinnej, Universitat Politècnica de València, Valencia, Hiszpania
- Dział Biologii, CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugalia
- Zarząd Badań nad Olejem Palmowym, Andhra Pradesh, Indie
- Katedra Biologii, Roanoke College, Salem, USA
- Instytut Fizjologii Roślin, INFIVE (Universidad Nacional de La Plata – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), La Plata, Argentyna
- Wydział Biologii Roślin University of Illinois, Urbana-Champaign, USA
- Wydział Chemii i Biochemii, University of Quebec, Montreal, Kanada
- Instytut Biologii Roślin, Biological Research Center of the Hungarian Academy of Sciences, Szeged, Węgry

V. Informacja o osiągnięciach i dorobku dydaktycznym i popularyzatorskim

1. Przeprowadzone lub prowadzone wykłady i seminaria naukowe

- Photosynthesis and instrumentations for advanced research for plant physiology. Mutah University, Karak, Jordan. 8-9.01.2016.
- Molecular aspects of Photosynthesis. Umm al-Qura University in Makkah, Saudi Arabia. 27.01.2016.
- Advanced measurements of plant gas exchange parameters. KAU Faculty of Science, Jeddah. 26.01.2016.
- Advanced measurements of plant gas exchange parameters. The Centre for Environmental Research & Studies (CERS), Jazan University, Jazan, Kingdom of Saudi Arabia, 25.01.2016.
- Chlorophyll fluorescence measurements: Pulse Modulated technique. The Centre for Environmental Research & Studies (CERS), Jazan University, Jazan, Kingdom of Saudi Arabia, 24.01.2016.
- Organizacja stanowisko Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW na 19 Pikniku Naukowego w Warszawie, zorganizowanego przez Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik pt. „Światło, jego intensywność i jakość w życiu roślin”. Warszawa, Polska, 09.05.2015
- “Recenzja Grantów Unii Europejskiej od kuchni” Marie Skłodowska-Curie Actions- Individual Fellowships. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, Polska. 27.11.2014

- Fluorescencja chlorofilu jako metoda oceny stanu środowiska przyrodniczego. Wykład inauguracyjny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Warszawa, Polska, 01.10.2014
- Fluorescencja chlorofilu jako metoda oceny stanu fizjologicznego roślin. Seminarium: Katedra Roślin Ozdobnych SGGW. Warszawa, Polska, 02.12.2014
- „Application of non-invasive phenotyping approaches to characterize responses of plants to biotic and abiotic stresses”, Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolnictwa i Biologii, SGGW w Warszawie, Polska, 7.03.2014
- Fluorescencja chlorofilu *a* infekcje liści dębów na powierzchniach badawczych projektu HESOFF. Pracownia Przetwarzania Danych CTK ILOT, Warszawa, Polska, 04.12.2013
- Hydrologiczne uwarunkowania funkcjonowania Zalewu Zemborzyckiego. Odczyt. Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS. Lublin, Polska, 14.11.2013
- Plant gas exchange measurements by IRGA. The Centre for Environmental Research & Studies (CERS), Jazan University, Jazan, Kingdom of Saudi Arabia, 23.12.2012
- Environmental monitoring by computerized and portable devices. King Abdulaziz University, Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia, 22.12.2012.
- Międzynarodowe seminarium naukowe: “Photosynthetic water oxidation: methods for investigation and biomimetic approaches for development of artificial catalyst” and “Plant phenotyping by prompt and delayed fluorescence methods” with Workshop about using M-PEA fluorimeter. Warszawa, 10.05.2012
- Pomiar tlenu w tkankach zwierzęcych za pomocą Elektrody Clarka (Oxygraph System). Faculty of Medicine, AbdulMohsen AbdulRazzaq Health Science Centre, Kuwait University, 18-20.03.2012
- Zastosowanie AlgaeOnlineAnalyser do ciągłego monitorowania glonów w rzekach, jeziorach oraz innych zbiornikach wodnych. Centrum Akwakultury, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 16.03.2012
- Fluorescencja chlorofilu – podstawy techniki oraz możliwości jej zastosowania w ogrodnictwie i sadownictwie. Seminarium dla pracowników firmy COOLEX oraz Katedry Sadownictwa SGGW, 12.03.2012
- Morphology (microscopic observation)/Real-time PCR and basic laboratory tasks (electrophoresis, spectrophotometry) and chlorophyll fluorescence in healthy and diseased seedlings. Training School: Detection and Diagnosis of Phytophthora in Forest Ecosystems (COST Action FP0801). Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 27.06 – 1.07.2011
- Nowoczesne pomiary fizjologiczne przy użyciu nowoczesnej, skomputeryzowanej, przenośnej aparatury do oceny wymiany gazowej roślin, indeksu powierzchni łanu, zawartości chlorofilu w liściach oraz potencjału wodnego roślin. Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 04.05.2011
- Zastosowanie pomiarów fluorescencji chlorofilu *a* in vivo w badaniach biologicznych i rolniczych. Wydział Biologii Uniwersytetu Warszawskiego, Instytut Botaniki, Warszawa, 12.04.2011
- Pomiary wymiany gazowej roślin przy użyciu nowoczesnej skomputeryzowanej przenośnej aparatury (Instytut Roślin Ozdobnych i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Lublin, 01.03.2011
- The use of portable instruments to measure gas exchange of plants under controlled conditions (ICARDA), Aleppo, Syria, 21-22.02.2011

- How to measure photosynthesis? (Faculty of Science, Taribah University, Al-Munawarah, Saudi Arabia, 12.01.2011)
- The use of portable computerized instruments in biological, ecological and marine researches (Faculty of Marine Science, Faculty of Science, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia, 10-11.01.2011)
- Warsztaty szkoleniowe: Plant gas exchange measurements (Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Science, Martonvasar, Hungary, 11-12.11.2010)
- Pomiar środowiskowe i ekologiczne przy użyciu nowoczesnych analizatorów gazu (Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin, 20.10.2010)
- Pomiar sygnału modulowanej fluorescencji chlorofilu jako nowoczesne narzędzie badawcze (Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań, 05.10.2010)
- Pomiar fotosyntezy i wymiany gazowej roślin w badaniach odporności różnych gatunków traw na stres (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, 19.08.2010)
- Metody pomiaru fluorescencji chlorofilu – zastosowanie w ogrodnictwie (Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa im. Szczepana Pieniążka, Skierniewice, 29.07.2010)
- Przydatność i wiarygodność metody pomiaru fluorescencji chlorofilu w badaniach odporności roślin na stresy (Katedra Genetyki, Uniwersytet Śląski, 19.03.2010)
- Zastosowanie pomiaru oddychania w badaniach biologicznych (Zakład Biologii Molekularnej Komórki Wydziału Biotechnologii, Uniwersytet Wrocławski, 1.03.2010)
- Zastosowanie pomiarów wymiany gazowej oraz wskaźnika powierzchni liści łanu w ocenie produktywności fotosyntetycznej roślin. (Katedra Produkcji Roślinnej Wydziału Biologiczno-Rolniczego, Uniwersytet Rzeszowski, 1-2.12.2009)
- Stosowanie fluorescencji chlorofilu jako wiarygodnego narzędzia w badaniach biologicznych i rolniczych (Instytut Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego PAN, Kraków, 30.11.2009)
- Zastosowanie fluorescencji chlorofilu w badaniach biologicznych i rolniczych (Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 15.07.2009)
- Fluorescencja chlorofilu i nowoczesne systemy pomiaru fotosyntezy w zastosowaniu do badań biologicznych i rolniczych (Instytut Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego PAN, Kraków, 19-20.01.2009)
- Fluorescencja chlorofilu (Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 12.06.2008)
- Pomiar w procesie fotosyntezy (Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań, 28.05.2008)
- Zastosowanie fluorescencji chlorofilu w badaniach rolniczych i biologicznych (Uniwersytet Rzeszowski, 12.05.2008)
- Pomiar i badanie procesu fotosyntezy (Akademia Rolnicza, Szczecin, 9.05.2008)
- Seminarium szkoleniowe dla pracowników KFR nt. Użytkowanie aparatu do obrazowania fluorescencji chlorofilu firmy Photon Instruments, SGGW, 10.03.2008)
- Zastosowanie fluorescencji chlorofilu w badaniach rolniczych i biologicznych, dla członków PTA Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja, Kraków, 24.01.2008)

- Warsztaty fizjologiczne: "Kinetic Imaging of Plant Chlorophyll Fluorescence", Katedra Fizjologii Roślin SGGW, Warszawa, Polska, 26.11.2004
- Warsztaty ekofizjologiczne: „Zastosowanie aparatury naukowej wysokiej technologii w rolnictwie". Katedra Fizjologii Roślin SGGW, Warszawa, Polska, 12.05.2000

2. Opieka naukowa nad doktorantami i osobami ubiegającymi się o nadanie stopnia doktora (w charakterze promotora, promotora pomocniczego lub opiekuna naukowego), z podaniem tytułów rozpraw doktorskich

2.1 Doktoraty obronione

Lp.	Imię i nazwisko doktoranta	Tytuł pracy	Uczelnia/Instytut	Data obrony rozprawy
1	Kristýna Kunderlíková (Kopromotor)	Regulácia fotosyntézy mutantov pšenice Deficitných na chlorofyl b v meniacich sa Podmienkach prostredia	Fakulta Agrobiológie A Potravinových Zdrojov, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita V Nitre, Slovakia	16.08.2016
2	Klaudia Brücková (Kopromotor)	Fenotypovanie genetických zdrojov šalátu z hľadiska produkcie a kvality v meniacich sa podmienkach prostredia	Fakulta Agrobiológie A Potravinových Zdrojov, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita V Nitre, Slovakia	30.08.2017
3	Jacek Mojski (Doktorat obroniony z wyróżnieniem Rady Naukowej ITP)	Produktywność fotosyntetyczna roślin ozdobnych z zasobów wiejskich ogródków przydomowych zastosowanych w warunkach ogrodu wertykalnego	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach (ITP)	31.08.2018
4	Henryk Kociel	Przydatność podłoża strukturalnego dla rozwoju drzew na terenach zurbanizowanych	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach (ITP)	03.09.2018
5	Tomasz Horaczek	Reakcja aparatu fotosyntetycznego roślin miskanta olbrzymiego (<i>Miscanthus x giganteus</i> Anderss.) rosnących w warunkach niedoboru wybranych makroskładników w podłożu	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach (ITP)	06.09.2018

2.2 Doktoraty z wszczętym przewodem doktorskim

Lp.	Imię i nazwisko doktoranta	Tytuł pracy	Uczelnia/Instytut	Data wszczęcia przewodu doktorskiego
1	Izabela Samborska	Wpływ niedoboru wybranych składników mineralnych na wydajność aparatu fotosyntetycznego u roślin rzodkiewki	Wydział Rolnictwa i Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW)	04.12.2014
2	Magdalena Cetner	Funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego roślin rzodkiewki (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>sativus</i>) rosnących w warunkach niedoboru wybranych składników mineralnych	Wydział Rolnictwa i Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW)	28.01.2016
3	Szymon Rusinowski	Wydajność oraz intensywność procesu fotosyntezy roślin energetycznych uprawianych na glebach zanieczyszczonych metalami ciężkimi	Wydział Rolnictwa i Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW)	07.06.2018
4	Adam Adamski	Opracowanie systemu sterowania inteligentnego zarządzania oświetleniem szklarniowym bazującym na LED	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach (ITP)	27.06.2018
5	Adam Ławicki	Opracowanie inteligentnego systemu do zbierania danych opartego na analizie obrazu z kamer światła widzialnego oraz platformę ruchomą poruszającą się w środowisku szklarniowym	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach (ITP)	27.06.2018

3. Publikacje i prace o charakterze popularnonaukowym

Jak w pkt. A.I.3, podpkt. c), poz. 3.5.5; 3.5.7; 3.5.10; 3.5.11; 3.5.12.

4. Przygotowane materiały do e-learningu

Udział w projekcie „Program unowocześnienia kształcenia w SGGW dla zapewnienia konkurencyjności oraz wysokiej kompetencji absolwentów”, finansowanego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki (POKL) oraz współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego (KSI-POKL.04.01.01.-00-232/08-0). Współtworzyłem program i system nauczania oparty na e-learningu,

wprowadzony w roku akademickim 2009/2010 w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Byłem autorem rozdziału, w którym przedstawiono przebieg procesu fotosyntezy w roślinach wyższych.

5. Aktywny udział w imprezach popularyzujących naukę, kulturę oraz sztukę

Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych

- 4th International Scientific Conference of Genetic and Environment, 23 – 30 July 2016, Cairo, Egypt
- 7th International Conference Photosynthesis Research for Sustainability - 2016 in honour of Nathan Nelson and T. Nejat Veziroglu, June 19-26, 2016 Pushchino, Russia
- Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Dr. George C. Papageorgiou. 21-26 September 2015, Crete, Greece
- Application of biophysical luminescence methods for plant phenotyping, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability in honor of Vladimir A. Shuvalov. Pushchino, Russia, 2–7.06. 2014
- International meeting "Photosynthesis Research for Sustainability - 2013" in honor of Jalal A. Aliyev. Baku, Azerbaijan, 5-9.06.2013
- Conference & Workshop on “Monitoring of Metals and Gases in Plants with Special Reference to Bryophyte Physiology & Climate Change” 2012, Department of Botany, Bareilly College, Bareilly, UP, India, Advisory Committee. 17-20.12.2012
- “Sustaining Technological Development& Climate Change”, 2012, Future Institute of Engineering and Technology, Advisory Committee, Bareilly, India, 19.12.2012
- Monitoring of Metals and Gases in Plants with Special Reference to Bryophyte Physiology & Climate Change”, 2012, RBMI Group of institutions, Bareilly, India, Advisory Committee, 18.12.2012
- 41st Annual Meeting of ESNA “Advances in agrobiological research and their benefits to the future, Scientific Committee, Stara Lesna, High Tatras, Slovak Republic, 24-28.09.2012
- The First Polish-French Conference: Modeling growth and development of C4 photosynthesis mono and dicotyledonous cultivated plants, Warszawa, Polska 9-11.12.1998
- FAO - IAEA Course in Radiomutagenesis, zorganizowane przez Katedrę Fizjologii Roślin SGGW, Warszawa, Polska, Komitet organizacyjny 28.05-7.06.1990

Organizacja seminariów i warsztatów naukowych

- Seminarium pt. „Abiotic stress responses in the photosynthetic apparatus” (wykładowca: Prof. Anjana Jajoo), SGGW w Warszawie, 19.06.2017 r.
- Seminarium pt. “Badanie metabolizmu roślin i dynamiki ekosystemów za pomocą spektrometrii CRDS: pomiar stężenia i składu izotopowego gazów: CO₂, CH₄, N₂O, NH₃, H₂O (wykładowca: Dr. Rob Peters), SGGW w Warszawie, 19.06.2017 r.
- Seminaria pt. „Introduction to Photosynthesis” oraz „Applications of chlorophyll fluorescence” (wykładowca: Prof. Anjana Jajoo), SGGW w Warszawie, 07.06.2017 r.
- Seminarium pt. „SIF: Sun Induced Fluorescence” (wykładowca: Dr. Anshu Rastogi), SGGW w Warszawie, 07.06.2017 r.

- Seminarium pt. „Actinomycetes Diversity and Applications” (wykładowca: Wasu Pathom-aree, PhD), SGGW w Warszawie, 3.11.2016 r.
- Organizacja stanowisko Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW na 19 Pikniku Naukowego w Warszawie, zorganizowanego przez Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik pt. „Światło, jego intensywność i jakość w życiu roślin”. Warszawa, Polska, 09.05.2015
- Kalaji M.H. 2014. Fluorescencja chlorofilu jako metoda oceny stanu fizjologicznego roślin. Seminarium: Katedra Roślin Ozdobnych SGGW. Warszawa, Polska, 02.12.2014
- Kalaji M.H. 2014. Vice Chair and Coordinator. “Recenzja Grantów Unii Europejskiej od kuchni” Marie Skłodowska-Curie Actions- Individual Fellowships. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, Polska. 27.11.2014
- Organizacja warsztatów pt. „Application of non-invasive phenotyping approaches to characterize responses of plants to biotic and abiotic stresses”, Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolnictwa i Biologii, SGGW w Warszawie, Polska, 7.03.2014
- The Focus Group Discussion, zorganizowane przez NCBR 21.01. 2014
- Kalaji M.H. 2013. Fluorescencja chlorofilu a infekcje liści dębów na powierzchniach badawczych projektu HESOFF. Pracownia Przetwarzania Danych CTK ILOT, Warszawa, Polska, 04.12.2013
- Kalaji M.H. 2013. Hydrologiczne uwarunkowania funkcjonowania Zalewu Zemborzyckiego. Odczyt. Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS. Lublin, Polska, 14.11.2013
- Scientific seminarium międzynarodowe: “Photosynthetic water oxidation: methods for investigation and biomimetic approaches for development of artificial catalyst” and “Plant phenotyping by prompt and delayed fluorescence methods” with Workshop about using M-PEA fluorimeter. Warszawa, 10.05.2012.
- Seminarium pt. “Stress responses and adaptation in forest trees; the application of chlorophyll fluorescence analysis” (wykładowca prof. Filippo Bussotti) w Instytucie Badawczym Leśnictwa, Sękocin Stary, Polska, 10.03.2010; oraz w Katedrze Fizjologii Roślin SGGW w Warszawie, Polska, 11.03.2010.
- Lekcje z Natury: Czy możemy wydajnie imitować fotosyntetyczny mechanizm rozszczepiania wody? (Wykładowca dr hab. Joanna Kargul), SGGW, Warszawa, Polska, 29.01.2010.
- Tracking survival strategies in plants, probed by bioenergetic methods (wykładowca: prof. Reto Strasser), SGGW, Warszawa, Polska, 30.06.2008.
- Warsztaty fizjologiczne: “Kinetic Imaging of Plant Chlorophyll Fluorescence”, Katedra Fizjologii Roślin SGGW, Warszawa, Polska 26.11.2004
- Warsztaty ekofizjologiczne: „Zastosowanie aparatury naukowej wysokiej technologii w rolnictwie”. Katedra Fizjologii Roślin SGGW, Warszawa, Polska 12.05.2000

6. Informacja o otrzymanych nagrodach oraz wyróżnieniach za osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i artystyczne.

2017 Nagroda I stopnia za osiągnięcia naukowe, Rektor SGGW Warszawa

- 2016** Serberny Medal „Za długoletnią służbę”
- 2016** Nagroda I stopnia za osiągnięcia naukowe, Rektor SGGW Warszawa
- 2015** Wyróżnienie dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego w okresie 2014-2015 przez komisję oceny pracowników WRiB SGGW
- 2014** Nagroda jubileuszowa, SGGW Warszawa
- 2013** Nagroda II stopnia za osiągnięcia naukowe, Rektor SGGW Warszawa
- 2013** Wyróżnienie dorobku naukowego przez Komisję Habilitacyjną oraz Radę WRiB - SGGW
- 2010** Nagroda III stopnia za osiągnięcia naukowe, Rektor SGGW Warszawa
- 2009** Nagroda Rektora SGGW w Warszawie za pierwszy w języku polskim podręcznik dotyczący fluorescencji chlorofilu
- 1993** Wyróżnienie Rady Wydziału Rolniczego SGGW za pracę doktorską

B. INFORMACJA O NAJWAŻNIEJSZYM OSIĄGNIĘCIU NAUKOWYM ALBO ARTYSTYCZNYM

I. Najważniejsze publikacje

1. Monografia „Chlorophyll Fluorescence: Understanding Crop Performance — Basics and Applications

1st Edition, 2017. Mohamed H. Kalaji, Vasilij N. Goltsev, Krystyna Żuk-Golaszewska, Marek Zivcak, Marian Brestic (Eds.). ISBN 9781498764490 - CAT# K29026, p. 222.

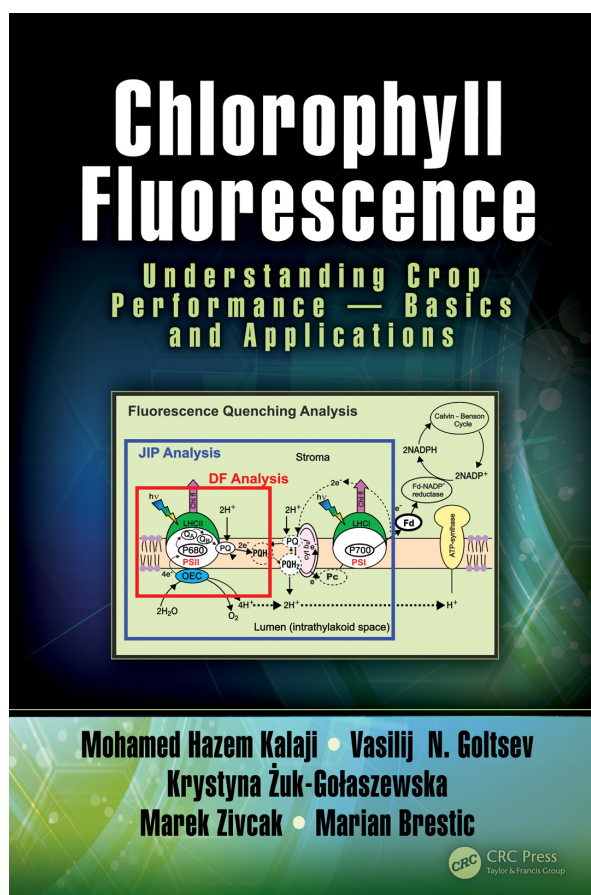
(Mój udział wynosi 50%- załączam oświadczenia współautorów)

Jest to obecnie jedyna monografia o zasięgu światowym, która jest przeznaczona dla szerokiego grona czytelników zajmujących się badaniem stanu roślin i innych organizmów fotosyntezujących za pomocą nowoczesnej techniki pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* (Fot 1).

Monografia ta opisuje znaczenie fizjologiczne, metody obliczania i zastosowanie licznych parametrów fluorescencji chlorofilu. Omawia procesy fotosyntezy w błonach tylakoidowych, w wyniku których powstaje opóźniona emisja kwantów fluorescencyjnych. Wyjaśnia związek odbicia światła o długości fali 820 nm z liniowym i cyklicznym fotosyntetycznym transportem elektronów. Analizuje zastosowanie jednoczesnego pomiaru fluorescencji chlorofilu z innymi sygnałami. Porównuje informacje, które można uzyskać z sygnałów fluorescencji chlorofilu w technikach pomiaru fluorescencji bezpośredniej (ang. PF – prompt fluorescence) oraz modulowanej (ang. PAM – pulse-amplitude modulated fluorescence). Wyjaśnia złożone procesy zachodzące w roślinach w korelacji z sygnałami fluorescencji chlorofilu.

Monografia przedstawia fluorescencję chlorofilu jako narzędzie biologiczne służące do oceny reakcji stresowych u roślin. Fluorescencję można stosować w fenotypowaniu roślin i programach hodowlanych do monitorowania stresów abiotycznych i biotycznych, w tym niedoborów minerałów, zasolenia gleby i chorób patogennych.

Książka ta opisuje zjawisko fluorescencji chlorofilu, prezentuje metody jego pomiaru i pokazuje – za pomocą wybranych przykładów - możliwości zastosowania różnych metod pomiaru tego zjawiska do badania reakcji aparatu fotosyntetycznego i tolerancji roślin na niekorzystne warunki środowiskowe. Ponadto, rozdziały prezentują ogólne tło fotosyntezy, analizę opóźnionej fluorescencji i modulację amplitudy tętna (PAM). Książka jest skierowana do szerokiego grona profesjonalistów zajmujących się badaniami fotosyntezy i naukowcami z innych dziedzin nauk o roślinach.



Fot. 1: Okładka monografii

Źródło: <https://www.crcpress.com/Chlorophyll-Fluorescence-Understanding-Crop-Performance-Basics-and/Kalaji-Goltsev-Zuk-Golaszewska-Zivcak-Brestic/p/book/9781498764490>

2. Dwie publikacje przeglądowe (Pierwszy autor z 29 współautorów opracowania)

Kalaji H.M., Schansker G., Ladle R.J. Goltsev V. Bosa K., Allakhverdiev S.I., Brestic M., Bussotti F., Calatayud A., Dąbrowski P., Elsheery N.I., Ferroni L., Guidi L., Hogewoning S.W., Jajoo A., Misra

A.N., Nebauer S.G., Pancaldi S., Penella C., Polis D., Pollastrini M., Romanowska-Duda Z.B., Rutkowska B., Serôdio J., Suresh K., Szulc W., Tambussi E., Yannicari M., Zivcak M. **2014: Frequently Asked Questions about chlorophyll *a* fluorescence: practical issues.** *Photosynthesis Research*, 122, 121–158. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-014-0024-6>

Kalaji H.M., Schansker G., Brestic M., Bussotti F., Calatayud A., Ferroni L., Goltsev V., Guidi L., Jajoo A., Li P., Losciale P., Mishra V.K., Misra A.N., Nebauer S.G., Pancaldi S., Penella C., Pollastrini M., Suresh K., Tambussi E., Yannicari M., Zivcak M. Cetner M.D., Samborska I.A. Stirbet A., Olsovska K., Kunderlikova K., Shelonzek H., Rusinowski S., Bąba W. **2017: Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel.** *Photosynthesis Research* 132, 13 – 66.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-016-0318-y>

Są to obecnie jedyne na świecie publikacje przeglądowe traktujące tak szeroko o zjawisku fluorescencji chlorofilu oraz metodach jego pomiaru. Obie prace zostały opublikowane w formie pytań i odpowiedzi, w renomowanym czasopiśmie *Photosynthesis Research* (IF 3.091). Należy podkreślić, że powstawały przy udziale wybitnych specjalistów z całego świata. Tak szerokie podejście do tematu fluorescencji chlorofilu wymagało udziału wielu naukowców: w obu pracach udział brało 29 współautorów.

Głównym celem pierwszej publikacji było zaprezentowanie różnych narzędzi wykorzystywanych do pomiaru fluorescencji chlorofilu oraz metodyki wykonywania takich pomiarów. Ten artykuł skierowany jest przede wszystkim do naukowców, którzy mają już pewne doświadczenie w wykonywaniu pomiarów fluorescencji chlorofilu (FChl) oraz dążących do pogłębienia wiedzy w zakresie analizy i interpretacji danych pomiarowych. Omawiane w tej pracy tematy to m. in. rodzaj informacji, które można uzyskać za pomocą różnych technik fluorescencyjnych, interpretacja otrzymanego sygnału FChl, specyficzne zastosowania tych technik oraz porady praktyczne, takie jak dobieranie protokołu pomiarowego. Artykuł przedstawia również tło fizjologiczne niektórych z zastosowanych procedur.

W drugiej publikacji udzielono odpowiedzi na pytania dotyczące związku pomiędzy fluorescencją bezpośrednią (PF) mierzona za pomocą fluorymetrów, takich jak PAM i HandyPEA, oraz fluorescencją opóźnioną (ang. DF – delayed fluorescence), która jest emitowana w odpowiedzi na reakcję rekombinacji w obrębie fotosystemy II (PSII). Poruszono także zagadnienia związane z: analizą kilku form stresu przy użyciu fluorescencji Chl, analizą obszarów parametrów testu JIP i FJ, wpływem fluorescencji emitowanej przez fotosystem I (PSI) na takie parametry jak FV/FM, czy przedział pasm fluorescencji rejestrowanej w temperaturze 77 K.

II. System „iPlant” oparty na biologicznym sprzężeniu zwrotnym (Biofeedback)

W Katedrze Fizjologii Roślin SGGW w Warszawie opracowałem prototyp zdalnego systemu monitorowania stanu fizjologicznego roślin „iPlant”. System ten pozwala kontrolować intensywność i jakość światła poprzez pomiar fluorescencji chlorofilu. Roślina, wysyłając sygnał fluorescencji chlorofilu, steruje systemem oświetleniowym, tak by natężenie i barwa światła były ustawione na optymalnym dla niej poziomie. System ten będzie wdrożony przy „zielonej ścianie” Rotundy PKO (2018/2019) (Fot. 2. i 3.) oraz w Centrum Nauki Kopernik w Warszawie (2019). Docelowo taki system ma być trwale montowany w szklarniach, aby rośliny mogły same sterować warunkami panującymi w takich pomieszczeniach. System tworzy nową erę dla nauk biologicznych pt. „**Biologia roślin w mieście**”.



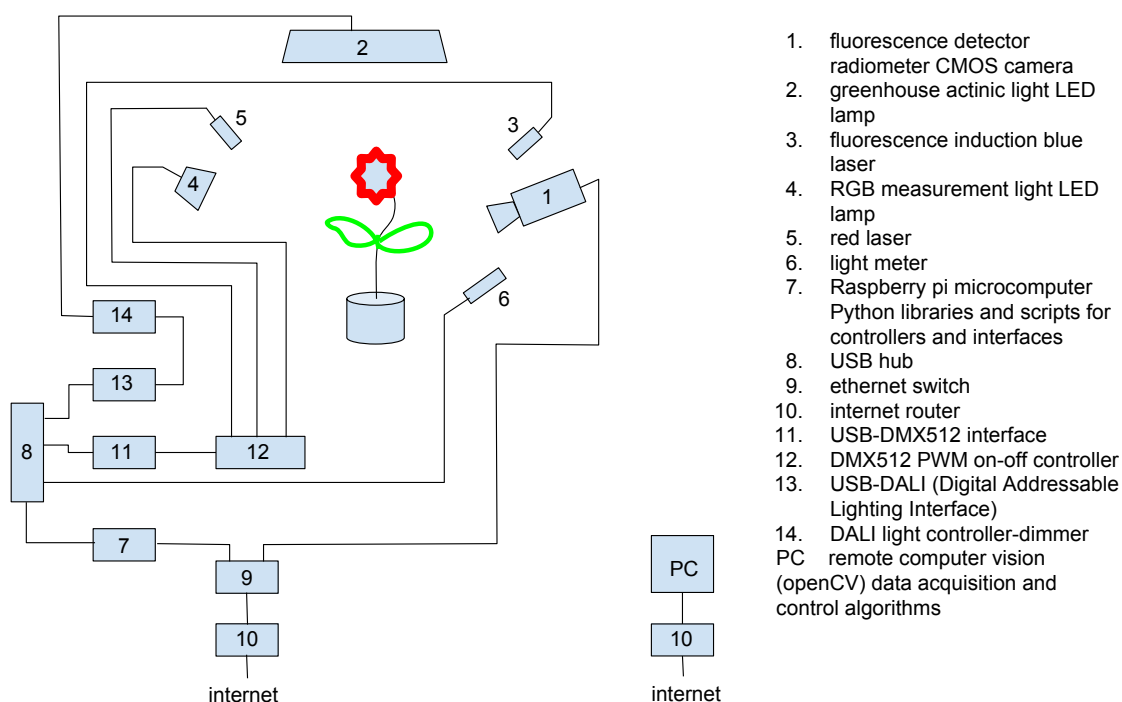
Fot. 2. Wizualizacja „zielonej ściany” Rotundy
PKO Źródło: WPROST.pl



Fot. 3. Wizualizacja „zielonej ściany” Rotundy
PKO
Źródło: WPROST.pl

Opis systemu sterowania oświetleniem roślin.

Przedstawiony na diagramie (Fot. 4) system sterowania opiera się na podstawowym dla automatyki układzie regulacji automatycznej. Źródło światła w postaci opraw oświetleniowych LED podlega sterowaniu, umożliwiającemu płynną zmianę natężenia światła od zera do wartości maksymalnej dla każdej składowej koloru. Roślina, poprzez naturalny proces fluorescencji zależnej od natężenia światła podającego na liście jest dla systemu czujnikiem i źródłem sygnału sprzężenia zwrotnego. Umożliwia to adaptację parametrów regulacji do dynamiki procesu jakim jest wegetacja lub oczekiwane rezultaty uprawy.



Fot. 4: Diagram układu reulacji automatycznej systemu „iPlant”

Najważniejsze elementy składowe systemu sterowania to (Fot 4. i 5.):

Fluorymetr – miernik natężenia promieniowania elektromagnetycznego w zakresie długości fal charakterystycznych dla fluorescencji chlorofilu. Mikroprocesorowy przetwornik ilości docierających do detektora fotonów na sygnał analogowy lub cyfrowy umożliwiający połączenie z komputerem.

Komputer – standardowy komputer PC lub dedykowany sterownik programowalny, niezbędny do wyliczeń złożonych algorytmów sterowania.

Interfejs – elektroniczny układ dopasowania poziomów napięć i mocy sygnałów z separacją od zakłóceń.

Sterownik – układ przetwarzający protokoły sterowania na ciągi impulsów o odpowiedniej charakterystyce czasowej i mocy niezbędnej do zasilania opraw oświetleniowych.

Oświetlacz LED – przystosowana do montażu w szklarni oprawa półprzewodnikowych energooszczędnych źródeł światła.



Fot. 4: Prototyp systemu „iPlant”

Poniżej podano linki do artykułów opublikowanych w portalach internetowych oraz do audycji radiowych dotyczących opracowania zdalnego systemu monitorowania stanu fizjologicznego roślin "iPlant".

- Strona SGGW

http://www.sggw.pl/aktualnosci/dla-kandydatow/_rotunda-pko-z-innowacyjnym-systemem-sterowania-roslinami-iplant

- SGGW Media

<http://www.media.sggw.pl/pr/390472/sygnal-z-serca-rosliny>

- Program pierwszy Polskiego Radia

<https://www.polskieradio.pl/42/3166/Artykul/2127958,Fotosynteza-ma-w-sobie-wiele-tajemnic-Zapisane-sa-w-niej-sygnały-które-można-wykorzystać-w-produkcji-rolnej>

- Radio Kampus

<https://www.mixcloud.com/radiokampus/j%C4%99zyk-ro%C5%9Blin-prof-hazem-kalaji/>

- Radio ZET

<https://www.radiozet.pl/Nauka-i-Technologia/Nauka/Jak-dbac-o-zielen-w-wielkim-miescie-Rosliny-w-warszawskiej-Rotundzie-beda-monitorowane-elektronicznie>

- Portal agropolska

<https://www.agropolska.pl/uprawa/sadownictwo/szklarnia-przyszlosci-to-dyskoteka-led-czeka-nas-prawdziwa-rewolucja,269.html>

- Portal Nauka w Polsce

<http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news%2C29595%2Crosliny-w-warszawskiej-rotundzie-beda-monitorowane-elektronicznie.html>

- Portal PPR

<https://www.ppr.pl/wiadomosci/rotunda-pko-z-innowacyjnym-systemem-sterowania-roslinami-i-plant>

- Portal Studentnews

<https://warszawa.studentnews.pl/s/7/42051-NEWSY-Warszawa-i-mazowieckie/4523890-Rotunda-PKO-z-innowacyjnym-systemem-sterowania-roslinami-iPlant.htm>

- Portal Rolnik Polski

<http://www.rolnikpolski.pl/index.php?mod=&nid=18038&name=Rotunda%20PKO%20z%20innowacyjnym%20systemem%20sterowania%20ro%20linami%20iPlant>

- Portal infoWire

<https://infowire.pl/generic/release/392023/rotunda-pko-z-innowacyjnym-systemem-sterowania-roslinami-i-plant/>

- Portal Komunalny

<https://portalkomunalny.pl/rosliny-w-warszawie-pod-elektronicznym-nadzorem-375152/>

- Portal strefaAGRO

<https://pomorska.pl/reaguja-na-dotyk-dzwiek-obecnosc-czlowieka-mowa-roslin-istnieje-sggw-chce-ja-wykorzystac-dla-rolnictwa/ar/13193348>

- You Tube

Photosynthesis: Chlorophyll fluorescence as a tool to hear plants "heartbeat", by Prof. Hazem Kalaji (690 wyświetleń):

<https://www.youtube.com/watch?v=jVMcPcJvfKE>

III Koordynacja projektu nr. POIR.01.01.01-20-1911/15 pt.: „Triffid”

Produkt przyszłości Kłaster Obróbki Metali (KKK). White Hill synergia kooperacji w obszarze B+R” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, Osi Priorytetowej: Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa Działania: Projekty B+R przedsiębiorstw, 2016-2020. Całkowita wartość projektu: 8 744 814,80 PLN.

Celem projektu jest stworzenie nowego produktu: automatycznego systemu do nieinwazyjnego zbierania biologicznych i fizjologicznych danych z roślin szklarniowych. System ten będzie składał się z autonomicznej platformy z robotem zbierającym i przekazującym dane o roślinach do systemu informatycznego analizującego obraz i wpierającego decyzję o zastosowaniu odpowiednich środków.

Poprzez wykorzystanie nowatorskiej metody pozyskiwania i analizy informacji o stanie roślin uprawianych w szklarniach oraz stosowanie autonomicznej platformy do poruszania się robotów po szklarni powstanie innowacyjne rozwiązanie na skalę światową. Zastosowanie systemu będzie przełomowym przejściem od analizowania roślin przez ekspertów w szklarniach (człowieka) do obserwacji i pomiaru roślin przez roboty.

Osiągnięcie celu szczegółowego projektu przyczyni się do realizacji celu ogólnego firmy tj. wzrostu pozycji konkurencyjnej firmy oraz zwiększenia poziomu innowacyjności oferowanych przez nią produktów i usług. W kontekście globalnym projekt ma na celu wzrost konkurencyjności gospodarki w dwóch zakresach. Po pierwsze poprzez realizację projektów rozwojowych wzrośnie innowacyjność polskiej gospodarki i zwiększą się nakłady na prace badawczo-rozwojowe. Drugim aspektem jest zwiększenie produkcji i eksportu europejskiej żywności dzięki zwiększeniu produkcji pomidorów szklarniowych.

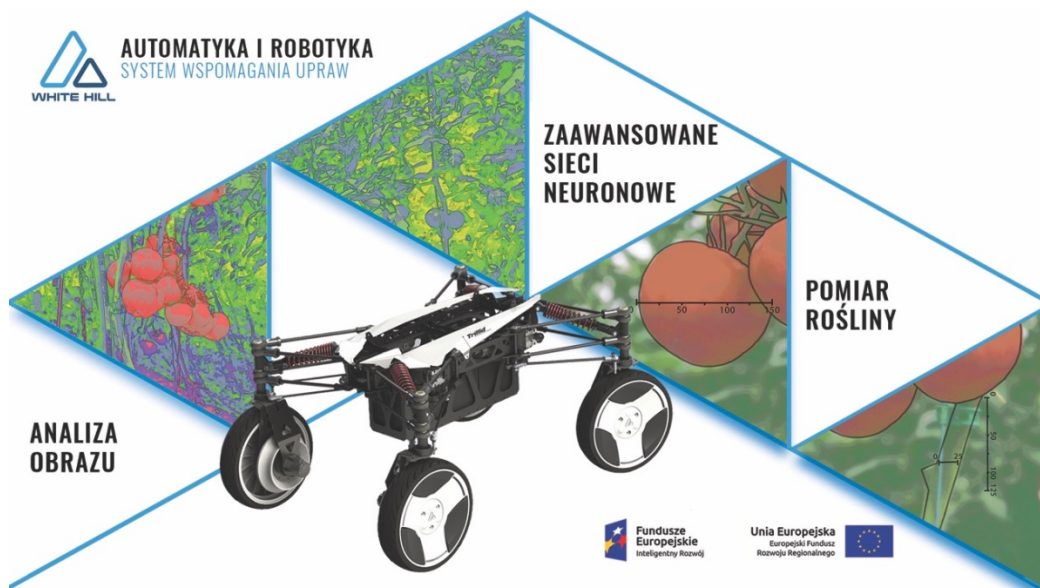
Uzyskane rezultaty projektu zostaną wdrożone do własnej działalności. Po sukcesie projektu B+R firma White Hill planuje uruchomienie produkcji systemu i instalowanie go w szklarniach, głównie w Europie Zachodniej. Zaplanowany do wdrożenia automatyczny system zbierania danych i wspierania decyzji w uprawach roślin będzie przełomową innowacją na rynku szklarniowej uprawy warzyw. Dotychczas stosowany czynnik ludzki do obserwacji pomidorów czy papryki zastąpiony zostanie narzędziem informatycznym. Zastosowanie autonomicznej platformy zrewolucjonizuje produkcję pomidorów w Europie i na świecie przyczyniając się do wzrostu konkurencyjności, nie tylko wnioskodawcy, ale również branży produkującej warzywa szklarniowe.

Projekt składa się z czterech etapów: trzy etapy badań przemysłowych i jeden etap prac rozwojowych. W pierwszym etapie przeprowadzono badania przemysłowe dotyczące pozyskania wiedzy z zakresu analizy obrazu warzyw szklarniowych. W drugim etapie badań przemysłowych przeprowadzono prace w celu pozyskania wiedzy związanej z samodzielnym poruszaniem się platformy do pracy w szklarni (Fot 6.). W ramach tego etapu powstał również prototyp podwozia do testowania w warunkach laboratoryjnych. W trzecim etapie badań przemysłowych zostaną przeprowadzone prace w celu pozyskania wiedzy związanej ze sterowaniem wysięgnikiem wraz z różnymi modułami kamerowymi. W ramach tego etapu powstanie również prototyp wysięgnika do testowania w warunkach laboratoryjnych. W ostatnim etapie projektu – pracach rozwojowych powstanie ostateczny prototyp systemu składający się z części sprzętowych i oprogramowania. Przygotowany prototyp przejdzie testy w warunkach operacyjnych.

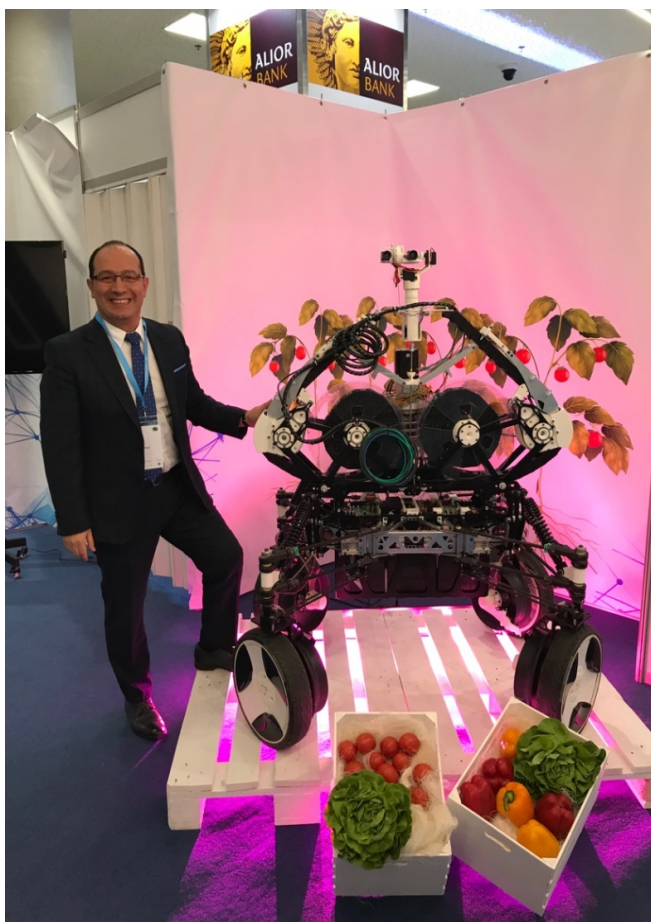
W wyniku realizacji projektu będą dokonane zgłoszenia patentowe (Fot 7.):

- 1) systemu analizy stanu roślin na podstawie obrazu z kamery stereoskopowej oraz podczerwonej;
- 2) autonomicznej platformy ruchomej do pracy w środowisku szklarniowym.

Wyniki prac B+R zostaną wdrożone w postaci uruchomienia produkcji i sprzedaży nowego systemu do zbierania danych i wspierania decyzji w uprawie roślin szklarniowych.



Fot. 6. Prototyp podwozia autonomicznej platformy z robotem. Źródło: White Hill, materiały reklamowe



Fot. 7. Prototyp autonomicznej platformy z robotem. Źródło: zdjęcie własne.

DODATKOWE INFORMACJE

1. Recenzowanie prac naukowych

A- Recenzowanie monografii

- The Red Clover Seed Production, Medicinal Uses, Health and Environmental Benefits. Plant Science Research and Practices, 2017. Żuk-Golaszewska K. (Ed.). Nova Science Publishers, Inc. New York. ISBN - 978-1-53611-787-5, p. 122
- Silicon in Plants: Advances and Future Prospects, 1st Edition, 2016. Durgesh Kumar Tripathi, Vijay Pratap Singh, Parvaiz Ahmad, Devendra Kumar Chauhan, Sheo Mohan Prasad (Eds.). CRC Press, ISBN 9781498739498 - CAT# K26643, p. 378
- Biocity. Tom 1, 2015, Górski Ferdynand, Łaskarzewska-Średzińska Małgorzata (Eds.). Fundacja Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-937604-2-8, p. 240

B- Recenzja dorobku habilitacyjnego

Rok	Imię i nazwisko	Instytut/uczelnia	Wyniki Oceny
2016	Dr. Manzer Hussain Siddiqui	Kingdom of Saudi Arabia King Saud University	Associate Professor Position

C- Recenzowanie prac doktorskich

Rok	Imię i nazwisko	Instytut/uczelnia	Tytuł pracy
2012	P. Senthilkumar	Division of Plant Biotechnology, UPASI Tea Research Foundation, Tea Research Institute, India	Studies on Grey Blight Disease (Pestalotiopsis spp.) resistance in Tea using Biochemical and Molecular approach
2014	Corina Carpentier	Masaryk University, Faculty of Science, Brno Czech Republic	The Carpet of the Sun- On the Quantification of Algal Biomass
2014	Monika Sasal	Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy Im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	Przydatność pomiarów szybkiej kinetyki fluorescencji chlorofilu do oceny mrozoodporności pszenżyta i pszenicy

2015	Nahidah Bashir	Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan	Biometric and biochemical markers for drought tolerance in diverse germplasm of maize (<i>Zea mays</i> L.) crop
2016	Anna Maksymowicz	Instytut Fizjologii Roślin Im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk, Kraków	Wykorzystanie nowych regulatorów w kształtowaniu produktywności wybranych roślin uprawnych
2016	Choon Sea Yeat	Universiti Putra, Malaysia	Thesis title: Evaluation of torch ginger (<i>Etlingera elatior</i>) as potential cut flower
2016	Damian Wach	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy W Puławach	Przydatność wybranych wskaźników fizjologicznych do oceny wrażliwości kukurydzy na stres suszy zależnie od zaopatrzenia w potas
2016	Syed Ali Ahmad Shah	Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan	Phytoremediation potential of some crop plants for heavy metals
2017	Dilek Killi	Department of Agrifood Production and Environmental Sciences, University of Florence	The responses of crop and tree species to future elevated [CO ₂], temperature and drought stress
2018	Muhammad Iqbal	Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan	Identification of some key physiological and biochemical indicators for salt tolerance in canola (<i>Brassica napus</i> L.)
2018	Małgorzata Szary	Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski, Katowice	Warunki siedliskowe terenów przemysłowych a biologia traw: <i>Calamagrostis epigejos</i> i <i>Phragmites australis</i> w aspekcie ich wykorzystania w rekultywacji

2. Media za granicą

Badania naukowe w Department of Botany and Incharge PGD Environment Management, Bareilly College, Bareilly, UP, India (pomiar fluorescencji chlorofilu do detekcji zanieczyszczenia środowiska w niskich Himalajach)



Badania naukowe z sektorem biznesowo-rolniczym na Ukrainie (Wywiad dla czasopisma ZERNO - 25000 egz./miesiąc- Czasopismo sprzedawany jest w krajach Europy Środkowej i Wschodniej).



ŻYCIORYS NAUKOWY

Urodziłem się 1 września 1960 roku w Aleppo, w Syrii. Po ukończeniu z wynikiem bardzo dobrym szkoły średniej Al-Mutanabi w Aleppo w 1978 rozpocząłem studia stacjonarne na Wydziale Rolniczym Akademii Rolniczej w Aleppo. Tytuł mgr inż. nauk rolniczych o specjalności plonowanie roślin uzyskałem w 1983 roku na podstawie pracy magisterskiej pt. „Crop yield of wheatgrass (*Agropyron spp.*) under drought conditions” wykonanej pod kierunkiem prof. Nazir Sankari. W tym samym roku podjąłem pracę jako adiunkt w Katedrze Fizjologii Roślin na Wydziale Rolniczym w zamiejscowym oddziale Akademii Rolniczej w Der Alzor.

W 1985 roku otrzymałem w ramach umowy bilateralnej między rządem syryjskim i polskim stypendium doktoranckie w Polsce. Po ukończeniu rocznego Studium Języka Polskiego na Uniwersytecie Łódzkim (obligatoryjny kurs językowy dla obcokrajowców) w 1987 roku Polskie Ministerstwo Edukacji Narodowej skierowało mnie na studia doktoranckie do Katedry Gleboznawstwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Moim tematem badawczym miał stać się wpływ zasolenia na wzrost roślin uprawnych. W tym samym roku wskutek zaleconej przez Syryjskie Ministerstwo Edukacji Narodowej zmiany profilu pracy (z problematyki związanej z glebą na problematykę dotyczącą wzrostu roślin) kontynuowałem studia doktoranckie na Wydziale Rolniczym w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Początkowo, pod kierunkiem prof. dr hab. Zbigniewa Czerwińskiego, w Katedrze Gleboznawstwa badałem skład i właściwości fizyko-chemiczne gleb syryjskich celem określenia ich typowego zasolenia. Po krótkim pobycie w Katedrze Gleboznawstwa przeszedłem do Katedry Fizjologii Roślin, SGGW, gdzie miałem możliwość uczestniczyć w badaniach statutowych tej Katedry pt.: „Fizjologiczne podstawy produktywności roślin”. W tym czasie prowadziłem również badania własne pt.: „Fotosynteza i fotosyntetyczna produktywność roślin uprawnych”. Pracę doktorską pod kierunkiem prof. dr hab. Emila Nalborczyka nt. „Salinity effects of NaCl on growth and gas exchange of barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings” obroniłem w 1993 roku, uzyskując stopień doktora nauk rolniczych w dziedzinie fizjologii roślin. Praca otrzymała wyróżnienie Rady Wydziału Rolniczego SGGW. Po uzyskaniu stopnia doktora pracowałem w Katedrze Fizjologii Roślin SGGW jako starszy referent techniczny, a następnie w latach 1995 – 1997 jako adiunkt. W latach 1997 – 1999 współpracowałem naukowo z Katedrą Fizjologii Roślin SGGW w ramach umów o dzieło i zlecenie (wykonawcą w kilku grantach). Od roku 2000 do chwili obecnej jestem pracownikiem naukowo-dydaktycznym, zatrudnionym na etacie adiunkta w Katedrze Fizjologii Roślin SGGW.

Stopień naukowy doktora habilitowanego wraz z wyróżnieniem ze strony Rady Wydziału uzyskałem w 2013 roku na Wydziale Rolnictwa i Biologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego SGGW w Warszawie. W pracy habilitacyjnej podjąłem się zbadania reakcji aparatu fotosyntetycznego roślin jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) odmian A. Abiad i A. Aswad na działanie stresów abiotycznych z wykorzystaniem metody pomiaru fluorescencji chlorofilu *a*. Są to proste i wiarygodne narzędzia, pozwalające na szybką i nieinwazyjną ocenę stanu fizjologicznego niektórych komponentów fotoukładu II (PSII), przenośników w łańcuchu transportu elektronów oraz współdziałania reakcji fazy świetlnej fotosyntezy z wydajnością biochemicznych procesów w fazie ciemniowej. Do uzyskania informacji na temat struktury i funkcji aparatu fotosyntetycznego, a także przepływu energii poprzez PSII oraz transportu elektronów służy tzw. test JIP. Do oceny reakcji aparatu fotosyntetycznego na aplikowane stresy abiotyczne wykorzystałem również obrazowanie fluorescencji chlorofilu *a*, rejestrację sygnału transmisji 820 nm i ocenę względnej zawartości chlorofilu w organach fotosyntetyzujących. W pracy oceniłem wpływ 16 stresów abiotycznych na funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego jęczmienia. Były to: niskie i wysokie natężenie fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR), niska i wysoka temperatura, susza, zasolenie, herbicydy, metale ciężkie (kadm i ołów), oraz niedobór makro- i mikrośladników (wapń, siarka, magnez, potas, azot, fosfor, żelazo). Doświadczenia prowadziłem w pracowniach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, a także w Laboratorium Bioenergetyki Uniwersytetu Genewskiego w Szwajcarii. Z przeprowadzonych przeze mnie badań wynika, że rośliny jęczmienia odmiany Arabi Aswad wykazują inną niż rośliny jęczmienia odmiany Arabi Abiad, strategię przezwycięzania stresów.

Od czasu uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego skupiam się na badaniach poznawczych w zakresie struktury i funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego roślin w odpowiedzi na stresy oraz na molekularnych podstawach tych reakcji.

W trakcie całej mojej pracy swoją wiedzę i doświadczenie zawodowe wzbogacałem poprzez udział w kursach, stażach, a szczególnie podczas wspólnych prac, które prowadziłem w zagranicznych placówkach naukowo - badawczych. Wyniki moich prac badawczych wielokrotnie prezentowałem na krajowych i zagranicznych sympozjach, konferencjach i seminariach naukowych.

W ramach mojej działalności dydaktycznej wypromowałem 9 magistrów i 10 inżynierów, z czego sześćoro na podstawie prac dyplomowych w języku angielskim. Wypromowałem także trzech doktorów (w tym jedna praca została obroniona z wyróżnieniem), byłem Kopromotorem w dwóch obronionych pracach doktorskich. Kolejnych pięciore młodych naukowców ma już wszczęty przewód doktorski. Na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych prowadzę wykłady i ćwiczenia

dla studentów kierunków Rolnictwo, Biologia i Ogrodnictwo. Dla studentów, którzy studiują w ramach wymiany międzynarodowej Sokrates/Erasmus prowadzę w języku angielskim wykłady i ćwiczenia z przedmiotów związanych z fizjologią roślin oraz fizjologią plonowania roślin pod wpływem zmiennych warunków klimatycznych, a także dotyczących użycia nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej w badaniach biologicznych oraz rolniczych.

Jestem wiceprzewodniczącym konkursu MSCA-IF w Komisji Europejskiej w Brukseli (w programach FP7 oraz H2020) i redaktorem czasopisma *Photosynthetica* (IF-5lat 1.409) oraz kilku innych międzynarodowych czasopism. W ramach kontaktów międzynarodowych, nawiązywałem współpracę z kilkudziesięcioma instytucjami i uczelniami z całego świata (m.in. z Indii, Chin, Szwajcarii, USA, Brazylii, Hiszpanii, Arabii Saudyjskiej, Włoch i wielu innych). Byłem koordynatorem/kierownikiem i wykonawcą licznych grantów.

A. EDUKACJA

2013- Stopień doktora habilitowanego nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność fizjologia roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (**wyróżnienie** dorobku naukowego przez Komisję Habilitacyjną oraz Radę Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie).

1993- Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność fizjologia roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (**Wyróżnienie** Rady Wydziału Rolniczego SGGW). Praca pt. "Salinity effects of NaCl on growth and gas exchange of barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings". Promotor prof. dr hab. Emil Nalborczyk

1983- Stopień magistra rolnictwa, Akademia Rolnicza, Uniwersytet w Aleppo, Syria. Praca pt. "Crop yield of wheatgrass (*Agropyron* spp.) under drought conditions", Promotor prof. Nazir Sankari

B. PRZEBIEG ZATRUDNIENIA

Data	Miejsce	Pracodawca	Stanowisko	Opis obowiązków
III.2018 –	Białystok	Firma White Hill	Koordynator grantu "TRIFFID"	Prowadzenie badań naukowych
20.XI.2017 –	Falenty	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy (ITP)	Starszy specjalista ds. inżyneryjno-technicznych	Prowadzenie badań naukowych
I.2017 – XII.2017	Warszawa	Firma SITECHNOLOGY Sp. z o.o.	Dyrektor do ds. badań i rozwoju technologicznego (RTD)	Prowadzenie badań naukowych

X.2015 –	Warszawa	SGGW, Katedra Fizjologii Roślin	Profesor nadzwyczajny SGGW	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych
VIII.2013 – IX.2015	Warszawa	SGGW, Katedra Fizjologii Roślin	Adiunkt naukowo dydaktyczny z hab.	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych
XII.2000 – VII.2013	Warszawa	SGGW, Katedra Fizjologii Roślin	Adiunkt naukowo dydaktyczny	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych
IX.2001 – XII.2001	Berno, Szwajcaria	University of Bern	Guest Researcher	Prowadzenie badań naukowych
VI.1999 – VIII.1999	Kraków	Instytut Badawczy Leśnictwa	Starszy specjalista	Prowadzenie badań naukowych polowych
II.1996 – IX.1996	Warszawa	SGGW, Katedra Fizjologii Roślin	Adiunkt naukowy	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych
I.1995 – XII.1995	Warszawa	SGGW, Katedra Fizjologii Roślin	Adiunkt naukowy	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych
X.1993 – VIII.1994	Warszawa	SGGW, Katedra Fizjologii Roślin	Starszy referent techniczny	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych
XII.1985 – VI.1993	Aleppo, Syria	Akademia Rolnicza, Uniwersytet w Aleppo	Asystent	Prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych

D. OPIS OSIĄGNIĘĆ W DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ

I. Główne kierunki działalności naukowo-badawczej przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

Współpracując z czołowymi placówkami naukowo-badawczymi, zarówno polskimi jak i zagranicznymi, prowadziłem prace w kilku dziedzinach nauk biologicznych i przyrodniczych w ramach niżej wymienionych kierunków badawczych:

- 1) Fotosynteza i fotosyntetyczna produktywność roślin w warunkach stresów środowiskowych,
- 2) Wydajność aparatu fotosyntetycznego jako wskaźnik stanu fizjologicznego roślin w różnych ekosystemach

- 1) Fotosynteza i fotosyntetyczna produktywność roślin w warunkach stresów środowiskowych

W ramach tej tematyki badawczej wykonałem pod kierunkiem prof. dr hab. Emila Nalborczyka swoją pracę doktorską, w której wykazałem, że zbyt szybkie i zbyt wolne rozbudowywanie systemu korzeniowego siewek jęczmienia poddanych stresowi zasolenia prowadzi do utraty homeostazy. Wskazane jest utrzymanie względnej szybkości wzrostu na tym samym poziomie co

u roślin kontrolnych. Dzięki zastosowaniu specyficznego diagramu zależności wykazano, iż w warunkach zasolenia procesy wymiany gazowej, a zwłaszcza otwieranie aparatów szparkowych są ściśle limitowane, o czym świadczą istotne zmiany współczynników korelacji pomiędzy prawie wszystkimi zbadanymi parametrami. Wykorzystując metodę radioizotopową z wykorzystaniem $^{14}\text{CO}_2$, stwierdzono zmiany w udziale oddychania ciemniowego u roślin zbożowych.

Prowadzono również doświadczenia mające na celu porównanie parametrów wymiany gazowej dwóch odmian ziemniaka w warunkach suszy (w różnym stopniu wrażliwych na suszę). Zbadane odmiany (Cekin i Tajfun) nie różniły się w warunkach kontrolnych. Podczas stresu suszy odmiana wrażliwa (Cekin) charakteryzowała się znacznie niższą intensywnością fotosyntezy niż odmiana odporna (Tajfun). Intensywność transpiracji była natomiast znacznie wyższa u odmiany Cekin. W związku z tym, współczynnik wykorzystania wody w procesie fotosyntezy był najwyższy u odmiany Tajfun, co pozwala polecać ją do uprawy w warunkach suszy.

W ramach współpracy z zespołem Profesora dr hab. Emila Nalborczyka (granty KBN: 5POGA00714 oraz 5P06B02515 w latach 1999-2004) prowadziłem wspólnie z firmą DANKO Hodowla Roślin sp. z o.o., badania z tradycyjnymi i nowymi (o skróconym źdźble) morfotypami pszenżyta, pszenicy i żyta. Stwierdzono, że o różnym stopniu wykorzystania PAR świadczy różne ułożenie liści u poszczególnych form badanych zbóż – wertykalne u odmian półkarłowych i bardziej horyzontalne u tradycyjnych. Wyższy plon ziarna form półkarłowych przy mniejszej wytwarzanej przez nie powierzchni asymilacyjnej wynikał ze zwiększenia intensywności produkcji biomasy, a także lepszego wykorzystania PAR na jednostkę powierzchni. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono również, że prostym i dobrym wskaźnikiem w hodowli ilościowej roślin zbożowych może być efektywność wykorzystania PAR (RUE) w okresie tworzenia ziarniaków.

Badalem również wpływ różnych stężeń NaCl na reakcje aparatu fotosyntetycznego u siewek kukurydzy (*Zea mays* odm. Nysa). Stres solny powodował znaczne obniżenie zawartości chlorofilu w liściach siewek, a także zmniejszenie wydajności procesu fotosyntezy. Traktowanie siewek kukurydzy NaCl hamowało zarówno fazę świetlną jak i ciemniową fotosyntezy. Pierwsze reakcje roślin na stres zasolenia obserwowano już po 2 godzinach. Przy najwyższym zastosowanym stężeniu NaCl znacząco obniżyły się w tym czasie wskaźnik Area oraz wskaźnik witalności (PI). W wysokim stężeniu NaCl (120 mmol dm^{-3}) następowały znaczne straty energii w postaci ciepła w antenach energetycznych, spowolnienie przepływu elektronów i zmniejszenie aktywności PSII, zahamowanie reakcji fotolizy wody w PSII oraz przymknięcie aparatów szparkowych. Zaobserwowano ponadto obniżenie aktywności enzymatycznej cyklu Calvina-Bensona, określane na podstawie pomiaru wartości parametru (qP) związanego z wygaszaniem

fluorescencji chlorofilu na drodze fotochemicznej. Doświadczenia potwierdziły, że metoda pomiaru fluorescencji chlorofilu jest wartościową techniką pozwalającą określić przemiany energii świetlnej w membranach tylakoidowych i jej przeznaczenie oraz poznać reakcje aparatu fotosyntetycznego na stres znacznie szybciej niż pozwala na to pomiar intensywności fotosyntezy. W innym cyklu doświadczeń (głównie w Laboratorium bioenergetyki w Genewie) zbadano za pomocą techniki fluorescencji chlorofilu reakcję fotosystemu II (PSII) roślin zbożowych na różne stresy abiotyczne. Badano oddziaływanie stresu niskiej i wysokiej temperatury, niskiego i wysokiego napromieniowania słonecznego, obecności metali ciężkich, zasolenia podłoża oraz niedoboru niektórych makro- i mikroelementów w środowisku wzrostu. Przy pomocy testu JIP, obejmującego pomiar ponad 60 parametrów fluorescencji chlorofilu analizowano zmiany stanu bioenergetycznego PSII. W doświadczeniu stwierdzono różne reakcje aparatu fotosyntetycznego u badanych odmian i gatunków, a wstępna analiza otrzymanych wyników pozwoliła określić, za pomocą zmian wartości mierzonych parametrów fluorescencji chlorofilu, wpływ danego stresu na funkcję PSII.

Prowadzone badania umożliwiły także dokładniejsze poznanie funkcjonowania aparatu asymilacyjnego zbóż, opracowanie zaleceń dla potrzeb agrotechniki oraz ustalenie nowych kryteriów selekcji (pojedynczych lub kompleksowych), pozwalających na szybkie i masowe „przesiewanie” materiału roślinnego.

Podczas współpracy z Katedrą Agronomii (SGGW) określano odporność na mróz dwóch odmian kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) – Amera i Amila. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że poddanie działaniu niskich temperatur spowodowało zmniejszenie zawartości chlorofilu u obu badanych odmian. Zaobserwowano również znaczne obniżenie maksymalnej wydajności fotosystemu II (Fv/Fm). Ponadto stwierdzono, że aparat fotosyntetyczny obu badanych odmian był znacznie bardziej wrażliwy na temperaturę -10°C podczas wschodów. Na podstawie szybszej regeneracji wydajności aparatu fotosyntetycznego po zastosowaniu stresu przetrzymania w niskiej temperaturze oraz ze względu na lepszą przeżywalność pędów w porównaniu z odmianą Amera stwierdzono, że podczas wschodów większą tolerancją na działanie niskiej temperatury wykazała się odmiana Amila.

Inne badania prowadzone były we współpracy z Katedrą Rozwoju i Wzrostu Roślin Uniwersytetu Łódzkiego w ramach grantu KBN nr 3 PO4G 059 25 w 2003 roku. Celem pracy była ocena wrażliwości wodnej rośliny *Spirodela oligorrhiza* na metale ciężkie (Cu, Pb) oraz mikrocystyny ekstrahowane z alg przy wykorzystaniu pomiaru fluorescencji chlorofilu. Wyniki wykazały, że pomiary fluorescencji chlorofilu stwarzają możliwość wnikliwej oceny efektywności fotochemicznych reakcji fotoukładu II (PSII) u roślin wodnych. Metoda ta pozwoliła prowadzić

niedestrukcyjne i szybkie badania wpływu zanieczyszczeń środowiska, zwłaszcza mikrocystynami pochodzącymi z alg oraz metalami ciężkimi na jakość wód.

Podczas współpracy z Katedrą Botaniki Uniwersytetu Bareilly oraz z Uniwersytetem Szent Istvan wykorzystano pomiary fluorescencji chlorofilu w celu określenia oraz porównania tolerancji wybranych gatunków mchów na działanie metali ciężkich zarówno w warunkach polowych jak i laboratoryjnych. Uzyskane wyniki wskazują, że największe uszkodzenia fotosystemu II wystąpiły u traktowanego ołowiem mchu *Grimmia anodon* oraz wątrobowca *Riccardia pinguis*. Najbardziej tolerancyjne na działanie tego metalu ciężkiego okazały się natomiast *Barbula vinealis* i *Thuidium cymbifolium*. Doświadczenie polowe, przeprowadzone na wszystkich wybranych gatunkach mchów wykazało niewielkie zmiany w parametrze Fv/Fm, z wyjątkiem gatunków *G. anodon* i *R. pinguis*. Zmiana wrażliwości tych dwóch gatunków wywołana jest stresem spowodowanym przez zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi. Wykazano potrzebę prowadzenia dalszych doświadczeń określających tolerancję mchów na działanie metali ciężkich, gdyż gatunki te mogą znaleźć wiele cennych zastosowań w biomapowaniu i badaniach ekosystemów leśnych.

Odnośniki do publikacji i opracowań: 1.1.39; 1.1.41; 1.1.42; 1.1.50; 1.1.51; 1.1.52; 1.1.53; 1.2.43; 1.1.39; 1.1.41; 1.1.42; 1.1.50; 1.1.51; 1.1.52; 1.1.53; 1.2.43; 1.2.45; 1.2.52; 1.2.54; 1.2.63; 1.2.66; 1.2.72; 2.1.1; 3.1.1; 3.1.2; 3.1.3; 3.1.5; 3.1.6; 3.1.7; 3.1.8; 3.1.11; 3.1.12; 3.1.13; 3.1.15; 3.1.16; 3.3.2; 3.5.9; 3.5.21; 3.5.20; 3.5.22; 3.5.23; 3.5.24; 3.7.1; 3.7.2; 3.7.3; 3.9.1; 3.9.6; 3.9.9; 3.9.10; 3.9.11.

2) Wydajność aparatu fotosyntetycznego jako wskaźnik stanu fizjologicznego roślin w różnych ekosystemach

Badania, prowadzone we współpracy z IHAR oddział w Jadwisinie, w ramach zlecenia MRiRW, obejmowały porównawczą analizę rozwoju polskich i zagranicznych odmian ziemniaka, a także stanowiły próbę określenia cech morfologiczno-fizjologicznych, warunkujących wczesność tuberyzacji i wysokie plonowanie u ziemniaka. W doświadczeniu mierzono wymianę gazową roślin, fluorescencję chlorofilu, określono zawartość chlorofilu, a także absorpcję PAR przez rośliny. Stwierdzono, że odmiany krajowe przy zróżnicowanych warunkach klimatycznych, jakie miały miejsce w latach prowadzenia doświadczeń, wykazywały większą stabilność plonowania niż odmiany zagraniczne. Doświadczenie pozwoliło także na sformułowanie wniosku, że wskaźnikiem najbardziej przydatnym do wyjaśnienia mechanizmów związanych z wczesnością tuberyzacji i potencjału plonotwórczego roślin ziemniaka jest absorpcja PAR w głębi łanu, a

metodą, która w najszybszy i najskuteczniejszy sposób pozwala ocenić odporność roślin na chłód jest pomiar fluorescencji chlorofilu.

W ramach dalszej współpracy z IHAR w grancie nr 4-3-00-3-03 z 2004 r. przebadano reakcję 14 odmian ziemniaka o zróżnicowanej wczesności na zmienność polskich warunków klimatycznych w okresie wiosennym. Zmierzono zawartość chlorofilu oraz oceniono funkcjonowanie PSII. Podjęto również próbę określenia zależności pomiędzy niektórymi procesami fizjologicznymi związanymi z produktywnością fotosyntetyczną a plonowaniem ziemniaka. W wielu przypadkach zaobserwowano ścisłą zależność pomiędzy zmianami względnej zawartości chlorofilu a wskaźnikami funkcjonowania PSII. Rezultaty pokazały, że takie parametry fluorescencji chlorofilu jak wskaźnik wydajności fotoukładu II (PI) oraz Area mogą być zalecane i z powodzeniem wykorzystywane do przewidywania wysokości plonu oraz wpływu stresów na plon w programach hodowli ziemniaka.

Z kolei w ramach badań prowadzonych we współpracy z Instytutem Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach wykonano pomiary wskaźników fizjologicznych charakteryzujących aparat asymilacyjny ślazuca pensylwańskiego oraz słonecznika bulwiastego, nawożonych osadem ściekowym. Jako wskaźniki fizjologicznej aktywności aparatu asymilacyjnego przyjęto: wskaźnik powierzchni liści łanu (LAI), względną zawartość chlorofilu, wskaźnik witalności fotosystemu II (PI) oraz pulę zredukowanych plastochinonowych akceptorów elektronów (Area). Badania wykazały, że metoda pomiaru fluorescencji chlorofilu jest bardzo przydatna w celu określenia wpływu zróżnicowanego nawożenia osadem ściekowym na produkcję biomasy u wybranych gatunków roślin.

W ramach grantu KBN 3 P04G 053 24 we współpracy z Katedrą Ochrony Roślin Środowiska SGGW podjęto doświadczenia, w których badano kształtowanie się powierzchni asymilacyjnej, absorpcję PAR oraz aktywność i intensywność fotosyntezy u pięciu gatunków drzew w naturalnym i zurbanizowanym środowisku. Badanymi gatunkami drzew były: brzoza brodawkowata, jarząb pospolity, jesion wyniosły, klon pospolity i lipa drobnolistna, rosnące w warunkach miejskich (ulice Warszawy) i w warunkach naturalnych (poza miastem). Stwierdzono zbliżone wartości maksymalne fotosyntezy w obu środowiskach oraz wyższą średnią intensywność fotosyntezy w warunkach zurbanizowanych. Jednocześnie, okazało się, że drzewa na terenie zurbanizowanym były zaadaptowane do środowiska, cechującego się wyższym stężeniem dwutlenku węgla. Na podstawie różnic w wielkości przyrostów oraz wskaźnika LAI stwierdzono, że jarząb i jesion są gatunkami drzew lepiej przystosowanymi do warunków miejskich niż drzewa pozostałych przebadanych gatunków.

Ponadto, na zlecenie Zakładu Oczyszczania Miasta w Warszawie prowadzono badania polegające na zastosowaniu pomiarów fluorescencji chlorofilu do monitoringu stanu fizjologicznego drzew przyulicznych narażonych na stres suszy. Pomiary fluorescencji chlorofilu wykonywano z jednoczesnym pomiarem wilgotności gleby na stanowiskach wzrostu drzew. Badanie miało na celu wskazanie gatunków drzew odpornych na suszę i stres związany z bliskością ulicy, a także opracowanie zaleceń dotyczących podlewania drzew. Na podstawie pomiarów wskaźnika witalności fotoukładu II (PI) wykazano, że bliskość ulicy nie wpłynęła negatywnie na stan aparatu fotosyntetycznego liści drzew: *Gleditsia triacanthos*, *Pyrus calleryana* 'Chanticleer', *Platanus × hispanica* Mill. ex Münchh. 'Acerifolia' i *Acer campestre*. W warunkach miejskich, na początku sezonu letniego zdecydowanie gorzej radziły sobie dęby *Quercus rubra*. Kondycja ich aparatu fotosyntetycznego jednak szybko się poprawiała, a w sierpniu i we wrześniu wartości wyznaczanych parametrów fluorescencji chlorofilu należały do najwyższych w grupie badanych drzew. Wykazano, że w bezpośrednim sąsiedztwie dróg należy unikać sadzenia takich gatunków i odmian jak: *Tilia cordata* 'Greenspire', *Tilia × europaea* 'Pallida' i *Ginkgo*. Badania wykazały, że w ocenach *in situ* to PI, a nie Fv/Fm (maksymalna wydajność kwantowa PSII) jest parametrem najlepiej określającym kondycję aparatu fotosyntetycznego, a pośrednio i stan fizjologiczny drzewa. Wyniki wykonanej pracy zdecydowanie potwierdziły przydatność pomiarów fluorescencji chlorofilu jako szybkiej i nieinwazyjnej metody, która może zostać zastosowana do określenia kondycji fizjologicznej drzew w warunkach miejskich.

W ramach współpracy z Instytutem Badawczym Leśnictwa w Warszawie w temacie badawczym 27-U-15 analizowano skuteczność zastosowanych filtrów piaskowych oczyszczających wodę wykorzystywaną do nawadniania sadzonek dębu. Oprócz pomiarów fluorescencji chlorofilu, wykonano także pomiary zawartości chlorofilu oraz zobrazowano fluorescencję chlorofilu na blaszkach liściowych. Stwierdzono, że podlewanie sadzonek dębu wodą oczyszczaną za pomocą powolnych filtrów piaskowych nie miało negatywnego wpływu na proces fotosyntezy roślin i można zalecać ich używanie w szkółkach leśnych.

Z zakresu zdrowotności drzew wykonano również na zlecenie Nadleśnictwa Rudka badania mające na celu poprawę stanu zdrowotności ponad 500-letniego dębu - Rudosław. Pomiary wykazały zmniejszenie wartości podstawowych parametrów fluorescencji chlorofilu. Obniżona w stosunku do kontroli wartość fluorescencji maksymalnej świadczyła o tym, że nie wszystkie akceptory elektronów w PSII zostały zredukowane. Obniżeniu uległy również parametry, które są odpowiednio wskaźnikami zdrowotności (wyraźny spadek świadczy o postępującej fotodestrukcji) oraz maksymalnej wydajności fotosystemu II. U badanego dębu spadła zdolność sprawnego wychwytywania i przekazywania energii wzbudzenia. Mogło to wiązać się ze zmniejszeniem puli

akceptorów elektronów w PSII. Wskazywał na to podwyższony wskaźnik Area oraz zwiększona ilość „uśpionych” centrów reakcji PSII. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dąb Rudosław wykazuje obniżoną zdrowotność, co potwierdza pogorszona kondycja aparatu fotosyntetycznego

i jest to najbardziej odpowiedni moment, aby podjąć niezbędne zabiegi, które nie pozwolą na dalszy spadek wydajności aparatu fotosyntetycznego. Wstępne badania dowodzą, że pomiar fluorescencji chlorofilu jest idealnym biomarkerem do monitorowania stanu zdrowotności drzew.

W ramach współpracy z Katedrą Roślin Warzywnych i Leczniczych Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW prowadzono badania, których celem było określenie plonowania różnych morfotypów pomidora na podstawie pomiaru powierzchni liściowej, jej długotrwałości i absorpcji PAR. Stwierdzono, że warunki radiacyjno-termiczne mają wyraźny wpływ na powierzchnię liściową roślin pomidora szklarniowego oraz jej właściwości. Rośliny reprezentujące morfotypy wielkoowocowy i drobnoowocowy charakteryzowały się odmiennymi wskaźnikami fizjologicznymi LAI, LAD, TAO oraz różną wydajnością plonotwórczą. Badano również reakcję dwóch odmian pomidora (o różnej wrażliwości na niską temperaturę) na stres chłodu. Stwierdzono, że zmniejszenie intensywności fotosyntezy w warunkach chłodu wynika w dużej mierze z ograniczeń aparatów szparkowych. Ponadto u odmiany wrażliwej zaobserwowano wzrost międzykomórkowego stężenia CO₂. Stwierdzono również powiązanie między wielkością systemu korzeniowego a reakcją na zastosowany stres chłodu.

Odnosniki do publikacji i opracowań: 1.1.35; 1.1.41; 1.1.43; 1.1.49; 1.2.52; 1.2.53; 1.2.55; 1.2.57; 1.2.58; 1.2.59; 1.2.60; 1.2.61; 1.2.62; 1.2.65; 1.2.69; 1.2.70; 1.2.73; 3.1.9; 3.1.14; 3.3.1; 3.5.4; 3.5.8; 3.5.10; 3.5.15; 3.5.16; 3.5.17; 3.5.18; 3.5.19; 3.5.24; 3.9.3; 3.9.4; 3.9.7; 3.9.12.

II. Habilitacja

Kinetyka fluorescencji chlorofilu – perspektywiczne narzędzie analizy dynamiki odpowiedzi aparatu fotosyntetycznego roślin na różne stresy środowiskowe na przykładzie syryjskich lokalnych odmian jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.)

Nauka jaką jest fizjologia roślin oferuje wiele narzędzi, wykorzystywanych w takich dziedzinach rolnictwo, agronomia, leśnictwo, ogrodnictwo, a także w wielu programach hodowlanych. Jednym z aspektów, z powodzeniem wykorzystywanych w ostatnich latach jest badanie wydajności aparatu fotosyntetycznego, w celu opracowania odmian odpornych na niekorzystne warunki środowiska. Metoda pomiaru fluorescencji chlorofilu pozwala na ocenę fizjologicznego stanu aparatu fotosyntetycznego i zrozumienie reakcji rośliny na zmieniające się warunki środowiska wzrostu. Dzięki tego typu badaniom można też analizować przepływ energii w membranach tylakoidowych oraz zrozumieć zależności pomiędzy biofizyczną stroną fotosyntezy, sygnałem

fluorescencji chlorofilu i jej analitycznym znaczeniem. Wyniki wieloletnich badań jednoznacznie wskazują, że poszczególne parametry, charakteryzujące wydajność aparatu fotosyntetycznego i przepływy energii w łańcuchu przenośników elektronów różnią się w zależności od niekorzystnego czynnika wzrostu roślin. Rezultaty pozwalają sądzić, że badanie reakcji aparatu fotosyntetycznego pozwala z powodzeniem określić typ stresu na jaki narażona jest roślina, a także może stanowić ważną wskazówkę w programach hodowlanych nastawionych na zwiększenie tolerancji na stresy. Wielu hodowców już wykorzystuje różne parametry odzwierciedlające wydajność aparatu fotosyntetycznego jako ściśle powiązane z plonowaniem rośliny, a prowadzone prace wskazują na duży potencjał do wykorzystania parametrów fluorescencji chlorofilu w selekcji odmian odpornych. Parametry fluorescencji chlorofilu, charakteryzujące wydajność aparatu fotosyntetycznego mierzone są w sposób szybki i nieinwazyjny, a typowy, trwający zaledwie sekundę pomiar, dostarcza wielu informacji, co daje ogromne możliwości jego wykorzystania w badaniach przesiewowych na dużą skalę.

W przypadku badania reakcji aparatu fotosyntetycznego roślin na wpływy niesprzyjających dla wzrostu warunków środowiska, warto zwrócić uwagę na reakcję syryjskich lokalnych odmian jęczmienia. Stanowiące ponad 99% areалу jęczmienia w Syrii dwie dwurzędowe odmiany Arabi Abiad (o białych ziarniakach) i Arabi Aswad (o czarnych ziarniakach) są tam uprawiane od 3000 lat. Syryjscy producenci i przemysł bardziej cenią ziarno i słomę A. Aswad. Plonowanie każdej z tych odmian kształtuje się na poziomie ok. 1 t/ha, ale za to jest stabilne. W przeciągu tylu tysięcy lat obie odmiany wytworzyły duże zróżnicowanie fenotypowe umożliwiające przystosowanie do warunków klimatycznych Basenu Morza Śródziemnego. Przede wszystkim narażone są na stresy powodowane przez 4 antyczne czynniki: wodę, glebę, słońce i ogień, które w dużym stopniu można obecnie utożsamiać z suszą, zasoleniem, promieniowaniem słonecznym i temperaturą. Obie odmiany doświadczyły już wielokrotnie okresów zasadniczych zmian klimatycznych na kuli ziemskiej. Stąd poznanie mechanizmów reakcji na każdy z tych stresorów u tak starych form jęczmienia może wnieść duży wkład np. do ewentualnej hodowli wysokoplennych odmian odpornych/tolerancyjnych na zachodzące obecnie zmiany klimatyczne.

Proces fotosyntezy rozumiany jako synteza złożonych związków $(CH_2O)_x$ z prostych związków CO_2 i H_2O przy udziale pochłanianego przez barwniki asymilacyjne fotosyntetycznie czynnego promieniowania (PAR) jest podstawą tworzenia się biomasy roślin, w której zależnie od wzorca dystrybucji wytworzonych fotoasymilatów, plon użytkowy (np. ziarno jęczmienia) będzie miał większy lub mniejszy udział. Zatem zachodzi potrzeba przeanalizowania wpływu określonych stresów środowiskowych (abiotycznych) na ten etap fotosyntezy, w którym energia PAR zostaje wychwycona przez roślinne anteny chlorofilowe, przetransformowana i związana w tzw. siłę

asymilacyjną (redukcyjną) potrzebną do redukcji CO₂, czyli w związku wysokoenergetyczne ATP i NADPH. Taką ocenę zapewnia coraz bardziej rozwijająca się bezinwazyjna metoda pomiaru fluorescencji chlorofilu w tkance roślinnej. Oprócz oceny klasycznych parametrów takich jak fluorescencja minimalna (F_o), fluorescencja maksymalna (F_m), maksymalna wydajność kwantowa PSII (F_v/F_m), aktywność kompleksu rozkładu wody (F_v/F_o), wskaźnik funkcjonowania PSII (PI_{abs}), czas osiągnięcia maksymalnej fluorescencji maksymalnej (T_{fm}), wielkość puli zredukowanego plastochinonu (Area) od niedawna stosuje się również ocenę dynamiczną za pomocą zaproponowanego przez Strassera testu JIP (OJIP). W teście tym na krzywej indukcji fluorescencji chlorofilu uzyskuje się informację o aktualnym stanie energetycznym (absorpcja, wychwyt, transport elektronów i dalsze losy energii) aparatu fotosyntetycznego, głównie rozumianego jako fotoukład II (PSII). Pozwala to określić miejsca oddziaływania stresu, jeszcze przed uzewnętrznieniem się na roślinie jego symptomów. Wiarygodność i zasadność stosowania metody fluorescencji chlorofilu w celu określenia wpływu stresów środowiskowych na funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego potwierdza obecność *loci*, kontrolujących parametry fluorescencji chlorofilu (w niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych dla jęczmienia w warunkach suszy). W chromosomach jęczmienia stwierdzono obecność QTL, odpowiadających za kontrolę ekspresji genów zaangażowanych w rozwój chloroplastów oraz związanych z parametrami fluorescencji chlorofilu w warunkach suszy.

W Szwajcarii i Polsce przeprowadzono w skomputeryzowanych szklarniach lub fitotronach serię krótkoterminowych doświadczeń z w/w syryjskimi odmianami, stosując podobną metodykę prowadzenia doświadczeń, różnica polegała na stosowanym stresorze. W szklanych pojemnikach o pojemności 1l, zawierających zmodyfikowaną pożywkę Hoaglanda prowadzono siewki obu odmian. Utrzymywano temperaturę 26°/18°C (±0,5°C), względną wilgotność powietrza 50-60% i fotoperiod 16/8 h, przy maksymalnej PAR 1400 μmol m⁻² s⁻¹. Po 7 dniach wzrostu rośliny traktowano określonym czynnikiem stresującym (metale ciężkie, zasolenie, niskie i wysokie PAR, niska i wysoka temperatura). Poziom danego stresu ustalano wykorzystując uprzednio przeprowadzone doświadczenia wstępne, obejmujące ocenę kilku poziomów stresu i wybór tych powodujących 50% redukcję wzrostu siewek jęczmienia po 14 dniach od skielkowania. Następnie oceniano zmiany w sygnałach fluorescencji po 1 dniu i po 7 dniach od poddania roślin stresowi. W przypadku stresu zasolenia protokół doświadczenia poszerzono o pomiary wymiany gazowej w tych terminach. Wyniki analizowano w postaci modelu liściowego fenomenologicznych przepływów energii, wykresów radarowych parametrów fluorescencji chlorofilu oraz krzywych indukcji przejściowej fluorescencji tego barwnika (test OJIP).

Odmiana A. Aswad wykazała większą niż A. Abiad odporność na wszystkie zastosowane stresy (widoczna wyraźna reakcja dopiero po 7 dniach od zastosowania stresora), z wyjątkiem niskiej temperatury i traktowania kadmem. Bardzo często u A. Abiad nie można było wyróżnić na krzywej testu OJIP określonych odcinków, odpowiadających zmianom w strukturze i funkcjonowaniu aparatu fotosyntetycznego. Pod wpływem zastosowanych metali ciężkich niekorzystnie zmieniała się aktywność PSII jęczmienia, przy czym mechanizm tego oddziaływania był różny. W badaniach wpływu stresu solnego na jęczmień stwierdzono wcześniejszy wpływ zasolenia na zmniejszenie przewodności szparkowej (pomiar wymiany gazowej) niż na zmiany sygnałów fluorescencji. Stąd wniosek o potrzebie łączenia obu metod pomiarowych. Spośród parametrów fluorescencji obserwowano istotny wzrost tempa dezaktywacji PSII i obniżenia szybkości transportu elektronów. Stres temperatury (niskiej i wysokiej) różnicuje reakcje obu odmian do tego stopnia, że stało się możliwe wyjaśnienie, dlaczego uprawia się A. Abiad w warunkach bardziej sprzyjających wzrostowi (unikanie wysokich temperatur), i dlaczego A. Aswad chętniej się uprawia w warunkach wyższego promieniowania w Basenie Morza Śródziemnego. Wiąże się z tym również reakcja aparatu fotosyntetycznego na ekstremalne temperatury. Wysoka temperatura ujemnie oddziałuje na aktywność PSII jęczmienia, który jest względnie tolerancyjny na niską temperaturę.

Wyniki przeprowadzonej serii badań wpływu różnych stresów środowiskowych na wydajność aparatu fotosyntetycznego dwóch odmian jęczmienia pozwoliły również zaproponować wybrane parametry fluorescencji chlorofilu przydatne jako kryteria monitoringu lub selekcji form odpornych/tolerancyjnych. Fenomenologiczne przepływy energii w membranach tylakoidów (absorpcja energii - ABS, wychwyt - TR i transport elektronów - ET) są bardzo użyteczne przy ocenie wpływu metali ciężkich, zwłaszcza kadmu. Wskaźnik funkcjonowania PSII (PIabs), aktywność kompleksu rozkładu wody (Fv/Fo), a także czas osiągnięcia maksymalnej fluorescencji maksymalnej (Tfm) należy wziąć pod uwagę przy ocenie wpływu zasolenia. W przypadku wpływu krańcowych poziomów napromienienia słonecznego najlepszym wskaźnikiem jest wskaźnik funkcjonowania PSII (PIabs), a także czas osiągnięcia maksymalnej fluorescencji (Tfm) i wielkość puli zredukowanego plastochinonu (Area). Dla stresu ekstremalnej temperatury ważne są przede wszystkim wyżej wspomniane fenomenologiczne przepływy energii. Wyróżnienie wszystkich podanych wyżej parametrów fluorescencji wynika stąd, że wykazują one zmiany natychmiast po zastosowaniu stresu (w ciągu 1 dnia), a nie po 7 dniach jego działania. Pod tym względem wyraźnie nieprzydatny jest powszechnie stosowany parametr maksymalnej wydajności kwantowej PSII (Fv/Fm), który reaguje znacznie później, albo w ogóle nie ulega istotnej zmianie.

Przedstawione wyniki pochodzą nie tylko z doświadczeń, w których badano wpływ 4 stresów abiotycznych: skażenia metalami ciężkimi, zasolenia, ekstremalnego napromienienia słonecznego i temperatury, ale z jeszcze szerszej serii obejmującej łącznie 16 różnych stresów środowiskowych, które istotnie oddziałują na aktywność i efektywność aparatu fotosyntetycznego badanych odmian jęczmienia. W przyszłości planowana jest synteza wyników wpływu wszystkich wymienionych stresów oraz badania oddziaływania multi-stresów na te rośliny.

Metale ciężkie

W przeprowadzonych w warunkach kontrolowanych badaniach odpowiedzi na stres powodowany przez metale ciężkie, stwierdzono u odmian jęczmienia A. Abiad i A. Aswad zróżnicowanie sygnałów fluorescencji w zależności od stężenia, czasu działania metalu oraz odmiany. Każda odmiana reagowała w inny sposób (inne zmiany w parametrach wydajności aparatu fotosyntetycznego). Analiza krzywej indukcji przejściowej fluorescencji chlorofilu nie wykazała żadnych charakterystycznych punktów po 1 dniu od zastosowania kadmu. W przypadku ołowiu wartości wyróżnialnych punktów na krzywej indukcji przejściowej fluorescencji chlorofilu przebiegały ok. 10% niżej. Po 7 dniach u A. Aswad nadal nie można było wyróżnić takich punktów z wyjątkiem obniżenia punktów I i P oraz wzrostu punktu K. Krzywa różniła się także pod względem wartości F_0 (20% wyżej) i F_m (50% niżej) w porównaniu do kontroli. U drugiej odmiany krzywa o przebiegu zbliżonym do kontroli osiągała niższą wartość parametru F_m (o 15%). Analiza liściowego modelu fenomenologicznych przepływów energii wykazała, iż po 1 dniu działania stresu, przy braku różnic pomiędzy roślinami kontrolnymi badanymi odmian po zastosowaniu kadmu, prawie wszystkie centra reakcji stresowanych roślin były nieaktywne. W dłuższym przedziale czasowym traktowanie kadmem doprowadziło do całkowitego zniszczenia PSII u A. Aswad (zbyt niskie wartości wyjściowe do obliczeń parametrów). Po aplikacji ołowiu zmianie u obu odmian uległa jedynie liczba aktywnych centrów reakcji redukcji QA. Po dłuższym czasie działania ołowiu istotna różnica pomiędzy odmianami pod względem liczby nieaktywnych centrów reakcji zwiększyła się. Podsumowując, wyniki wskazują na dużą wrażliwość obu odmian na stres powodowany kadmem (wielokierunkowe zaburzenia funkcji i struktury aparatu fotosyntetycznego). W przypadku stresu powodowanego przez ołów odmiana A. Abiad jest odmianą bardziej tolerancyjną niż A. Aswad.

Temperatura

W kolejnych badaniach przeprowadzonych w warunkach skomputeryzowanej szklarni oceniano, za pomocą pomiaru sygnału fluorescencji chlorofilu, reakcję dwóch odmian jęczmienia A. Abiad i A. Aswad na stres temperaturowy. Siewki siedmiodniowe poddano działaniu temperatury niskiej (10°/16°C) oraz wysokiej (40°/20°C) w porównaniu do kontroli (26°/18°C). Pierwszego dnia

stresu i po 7 dniach jego trwania oceniono fluorescencję chlorofilu w wyrośniętych liściach 1-4 piętra wszystkich wariantów doświadczalnych. Stosując oprogramowanie Biolyzer v 3.0.6 wyznaczono 26 parametrów testu OJIP, charakteryzujących losy energii PAR (absorpcja, wychwyt oraz transport elektronów) w aparacie fotosyntetycznym zależne od rodzaju stresu temperaturowego i czasu jego działania. Uzyskane wyniki zaprezentowano w postaci wykresów radarowych, krzywych indukcji przejściowej fluorescencji chlorofilu oraz modeli liściowych charakteryzujących fenomenologiczne przepływy energii (w przeliczeniu na przekrój poprzeczny próbki). Stwierdzono negatywny wpływ stresu wysokiej temperatury na aktywność PSII w liściach siewek obu odmian. Jednocześnie obie odmiany były tolerancyjne na stres niskiej temperatury, częsty w początkowym stadium wzrostu w Syrii – miejscu ich występowania. Efekt stresu wysokiej temperatury przejawiał się najwcześniej, przy czym zaraz po jej zastosowaniu odnotowano bezpośrednio zmiany wartości takich parametrów fenomenologicznych jak: absorpcja energii, jej wychwyt i transport elektronów. Po 7 dniach stwierdzono wyraźny wpływ temperatury na wydajność kwantową PSII i pozostałe parametry fluorescencji chlorofilu. Odpowiedź roślin na niską temperaturę pod względem fenomenologicznym również wyprzedzała o 7 dni zmiany wizualne roślin na ten stres. Analiza sygnałów fluorescencji wskazuje, że A. Aswad cechuje się wyższą od A. Abiad tolerancją na stres temperaturowy.

Światło

W ramach serii doświadczeń prowadzonych w skomputeryzowanej szklarni analizowano również odpowiedź dwóch dominujących w areale upraw Syrii odmian jęczmienia na stres napromienienia. Siewki 7-dniowe poddano albo działaniu niskiego ($200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), albo wysokiego ($1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) PAR zapewnianego przez lampy sodowe (Philips High pressure sodium, 600 W/230 V, 90.000 Lm, Gavita, Norway) w porównaniu do kontroli ($1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Pierwszego dnia stresu i po 7 dniach jego trwania oceniono fluorescencję chlorofilu w wyrośniętych liściach 1-3 piętra wszystkich wariantów doświadczalnych po 45-60 min adaptacji ciemniowej w temperaturze 26°C . W pracy przedstawiono tylko średnie dla 30 takich pomiarów. Stosując oprogramowanie Biolyzer v 3.0.6 wyznaczono parametry testu OJIP, charakteryzujące losy energii PAR (absorpcja, wychwyt i transport elektronów) w aparacie fotosyntetycznym zależne od rodzaju stresu napromienienia i czasu jego działania. Pod względem przebiegu krzywej indukcji fluorescencji chlorofilu większą tolerancję po 7 dniach na niskie PAR wykazały siewki A. Abiad niż A. Aswad (gwałtowne zmiany przebiegu, począwszy od wysokiej F_0 , poprzez całkowite spłaszczenie krzywych w ich dalszym przebiegu). Przeciwnie do wymienionych wyniki przebiegów uzyskano w przypadku wysokiego PAR. Również podobne zależności stwierdzono dla Tfm już po 1 dniu działania stresów: zwiększenie o 140% u A. Aswad

i zmniejszenie o 86% u A. Abiad przy niskim PAR, czy też brak wpływu na pierwszą odmianę, a zmniejszenie o 64% u drugiej przy wysokim PAR, w porównaniu do kontroli. Po 7 dniach działania stresów u odmiany A. Abiad wartość T_{fm} zwiększyła się do 140% przy niskim PAR i do 286% przy wysokim PAR w porównaniu do kontroli, przy czym u A. Aswad wartości te pozostawały niezmienione. Tego typu odwrotne zależności wystąpiły również dla wydajności reakcji rozkładu wody (F_v/F_o) i puli zredukowanych akceptorów elektronów (Area), a także dla fenomenologicznych parametrów przepływu energii. Wskaźnik funkcjonowania PSII (PIabs) był bez względu na charakter stresu PAR obniżony już po 1 dniu stresu. Po 7 dniach nastąpiła gwałtowna redukcja PIabs, we wszystkich kombinacjach z wyjątkiem zastosowania wysokiego PAR u odmiany A. Aswad, gdzie doszło do jego zwiększenia. Okazało się też, że taki 7 dniowy stres jest wysoce destrukcyjny dla aparatu fotosyntetycznego u odmiany A. Aswad przy niskim PAR, a u A. Abiad przy wysokim PAR. Pomiary fluorescencji pozwoliły wykryć szybko (po jednym dniu) niektóre zmiany, głównie w wartościach parametrów Area, T_{fm} i PIabs pod wpływem zastosowanego stresu PAR. Pozostałe, głównie szkodliwe, obserwowano dopiero po dłuższym czasie. Większą tolerancję obu odmian na określone stesy napromienienia tłumaczy się udziałem fotoręspiracji, wzrostem aktywności cyklicznego transportu elektronów w warunkach fotoinhibicji, zmianami w budowie tylakoidów, itp. Parametry Area, T_{fm} i PIabs warto polecić jako wskaźniki stresu napromienienia u jęczmienia.

Zasolenie

W doświadczeniu przeprowadzonym w skomputeryzowanej hali wegetacyjnej analizowano wpływ zasolenia NaCl (dawki 120 mM), podanego do zmodyfikowanej pożywki Hoaglanda, na rozwój syryjskich odmian jęczmienia A. Abiad i A. Aswad. Po 7 dniach wzrostu, licząc od wschodów, siewki poddano działaniu zasolenia, a pomiary parametrów fizjologicznych zarówno tych charakteryzujących fluorescencję chlorofilu, jak i tych związanych z wymianą gazową przeprowadzono 1 dzień po zastosowaniu stresora (krótkoterminowa odpowiedź) i po 7 dniach działania stresu zasolenia (efekt długoterminowy). Wpływ stresu był widoczny już po 1 dniu od zastosowania czynnika stresującego, przy czym reakcja była zróżnicowana w zależności od odmiany. U odmiany A. Aswad zmniejszeniu o 15% w stosunku do kontroli uległy czas potrzebny do uzyskania maksymalnej fluorescencji (T_{fm}) oraz powierzchnia nad krzywą indukcji fluorescencji (Area). Towarzyszyło temu obniżenie o 20% powierzchni nad krzywą OJIP oraz wskaźnika funkcjonowania PSII (PIabs), a także obecność 10% nieaktywnych centrów reakcji. Parametry fluorescencji odmiany A. Abiad nie różniły się od kontroli. Przy braku reakcji aparatu fotosyntetycznego odmiany A. Abiad stwierdzono jednak wyraźne zmiany w intensywności fotosyntezy (P_N o 30% niższa niż w kontroli) i przewodności szparkowej (g_s o 20% mniej niż

w kontroli). Znacznie bardziej wyraziste efekty stwierdzono jednak po 7 dniach wzrostu jęczmienia w warunkach zasolenia. Większą tolerancją/odpornością na ten stres odznaczała się odmiana A. Aswad (wydłużenie czasu do osiągnięcia fluorescencji maksymalnej o 200%, redukcja Area o 35%, brak reakcji pod względem F_v/F_m , nieco niższy przebieg krzywej indukcji fluorescencji OJIP w porównaniu do kontroli). U odmiany A. Abiad różnice były bardzo duże w porównaniu do kontroli i wskazywały na liczne poważne wpływy stresu na rośliny (skrócenie czasu osiągnięcia fluorescencji maksymalnej o 90%, zmniejszenie wartości obu parametrów wydajności F_v/F_v i F_v/F_o – odpowiednio o 75 i 93%, krzywa indukcji fluorescencji chlorofilu OJIP miała płaski przebieg, a wartość F_o była bardzo wysoka). Można wnioskować, że u odmiany A. Abiad doszło do uszkodzeń strukturalnych, skutkujących obniżonym transferem energii wzbudzenia od anten do centrów reakcji i do uszkodzenia samych centrów reakcji, co spowodowało obniżenie wydajności przebiegu reakcji fotochemicznych. Różnice we wpływie stresu na obie te odmiany potwierdziły się w przypadku pomiarów wymiany gazowej. Zmniejszenie wartości P_N i g_s u odmiany A. Abiad wyniosło 80% w stosunku do kontroli, a u odmiany A. Aswad 23% w porównaniu do kontroli. Przyjmując, że bardziej wiarygodne były reakcje długoterminowe na stres zasolenia, można zalecić jako wskaźniki stresu następujące parametry fenomenologicznych przepływów energii: wzrost szybkości dezaktywacji w przeliczeniu na centra absorpcji ABS oraz wielkość redukcji szybkości transportu elektronów. Wskazana jest także analiza parametrów fluorescencji chlorofilu takich jak PI_{abs} , F_v/F_o i T_{fm} oraz parametrów wymiany gazowej P_n i g_s .

Susza - analiza *loci* (QTL) kontrolujących fluorescencję chlorofilu

W odrębnych badaniach skupiono się na możliwości zastosowania oceny wydajności aparatu fotosyntetycznego, na podstawie badań fluorescencji chlorofilu jako kryterium selekcji w hodowli jęczmienia. Wiele dotychczasowych badań potwierdziło bowiem, że parametry fluorescencji chlorofilu mogą być wykorzystywane zarówno jako wskaźniki produktywności i plonowania jęczmienia, jak i biomarkery odporności na wybrane stresy środowiskowe. W programie hodowli odmian odpornych na suszę analizowano *loci* (QTL), kontrolujące zawartość chlorofilu i fluorescencję chlorofilu w prawie 200 liniach wsobnych jęczmienia. Mierzono zawartość chlorofilu oraz 4 parametry fluorescencji chlorofilu: fluorescencję minimalną (F_o), fluorescencję maksymalną (F_m), fluorescencję zmienną (F_v) oraz maksymalną wydajność PSII (F_v/F_m). Analiza QTL pozwoliła na identyfikację dziewięciu i pięciu regionów genomowych odpowiednio w warunkach optymalnego nawodnienia i suszy, które były istotnie związane z ekspresją badanych parametrów w fazie po kwitnieniu. Poza rejonami kontrolującymi zawartość chlorofilu, nie stwierdzono QTL wspólnych dla warunków kontrolnych i stresu, co świadczy o tym, że

kontrola ekspresji genów cech związanych z przebiegiem fazy świetlnej fotosyntezy różni się w warunkach optymalnego nawodnienia i suszy. QTL związane z Fv/Fm w warunkach stresu suszy zmapowano na chromosomie 2H na 116 cM i stwierdzono, że odpowiadają za 15% zróżnicowania fenotypowego maksymalnej wydajności PSII i są powiązane z ekspresją pozostałych badanych cech. Kolejne zidentyfikowane QTL, położone na tym samym chromosomie (2H), ale na 135.7 cM wyjaśniało ok. 9% zróżnicowania fenotypowego w warunkach suszy. Uzyskane wyniki sugerują, że dwa główne loci na chromosomie 2H są w fazie po kwitnieniu zaangażowane w rozwój chloroplastów funkcjonujących podczas stresu suszy u jęczmienia. w przypadku potwierdzenia tych obserwacji u innych populacji jęczmienia, można stosować parametry fluorescencji chlorofilu jako kryterium selekcji odporności na suszę.

Podsumowanie

W historii badań nad procesem fotosyntezy znacznie więcej uwagi poświęcono badaniom reakcji biochemicznych fazy niezależnej od światła niż fazie od niego zależnej. Dopiero włączenie do badań aspektów biofizycznych pozwoliło na lepsze poznanie procesu syntezy dwóch głównych składowych siły asymilacyjnej (ATP i NADPH), powstających w wyniku przekształcenia energii promieniowania słonecznego, zaabsorbowanej przez aparat fotosyntetyczny w fazie zależnej od światła. Jednym z aspektów tego typu badań był pomiar emisji światła z chlorofilu, który doprowadził do rozwoju zastosowanej w opisanych doświadczeniach techniki pomiaru fluorescencji chlorofilu.

Pomiar fluorescencji chlorofilu z reguły wskazuje na zaburzenia w typowym przebiegu bioenergetyki procesu fotosyntezy i staje się doskonałym wskaźnikiem sprawności aparatu fotosyntetycznego. W serii doświadczeń przeprowadzonych z dwoma syryjskimi lokalnymi odmianami potwierdziły się wyraźne wpływy różnych stresów abiotycznych na losy absorbowanej przez aparat fotosyntetyczny energii PAR. Zaburzenia te dotyczyły zarówno zjawisk zachodzących na poziomie absorpcji energii w antenach chlorofilowych, wychwytywania w centrach reakcji, transportu elektronów w łańcuchu przekazników oraz rozpraszania nadmiaru zaabsorbowanej energii w postaci ciepła.

Do oceny wpływu niekorzystnych warunków środowiska na bioenergetykę i funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego można wykorzystać w różny sposób ujmowaną analizę sygnałów fluorescencji: typowe parametry w opisie krzywej indukcji fluorescencji, parametry testu OJIP (też na takiej krzywej) oraz fenomenologiczne przepływy energii (najczęściej w przeliczeniu na przekrój poprzeczny próbki). Jak dotąd nigdzie w literaturze przedmiotu nie odnaleziono próby oceny związków pomiędzy tymi parametrami, co pozwoliłoby znacznie ograniczyć liczbę parametrów istotnych w przypadku danego stresu. Dlatego w ocenie autora warto skupić się

na wyselekcjonowaniu wskaźników, które najszybciej (nawet po 1 dniu od poddania roślin stresowi), najlepiej i najbardziej istotnie wykazują wpływ stresora na bioenergetykę aparatu fotosyntetycznego.

Z rezultatów badań referowanych w obecnym opracowaniu wynika, że najlepiej określa wpływ stresu na bioenergetykę aparatu fotosyntetycznego wskaźnik funkcjonowania fotoukładu II (PIabs). We wszystkich przypadkach stresy abiotyczne wyraźnie zmniejszały jego wartość. Wskaźnik funkcjonowania (PIabs) rozumiany jako iloczyn liczby centrów reakcji w odniesieniu do strumienia absorpcji, maksymalnej wydajności kwantowej pierwotnej fotochemii i wydajności kwantowej transportu elektronów, rzeczywiście jasno wskazuje, czy efekt energetyczny wszystkich procesów przekazywania elektronów uległ jakimkolwiek zaburzeniom. Kolejnymi parametrami przydatnymi w charakterze wskaźników w monitoringu oddziaływania niekorzystnych warunków środowiska na rośliny jęczmienia są: charakteryzujący wielkość puli zredukowanych akceptorów elektronów – Area oraz czas do osiągnięcia maksymalnej fluorescencji – Tfm.

Wyniki badań syryjskich lokalnych odmian jęczmienia wskazują na coraz większą przydatność w charakterze wskaźnika zdrowotności aparatu fotosyntetycznego parametru wydajności kompleksu rozszczepiającego wodę (F_v/F_o), a nie powszechnie dotąd stosowanego parametru maksymalnej wydajności kwantowej fotoukładu II (F_v/F_m). Wskaźniki fenomenologiczne charakteryzujące absorpcję promieniowanie przez barwniki antenowe, wychwyt energii przez centra reakcji, transport elektronów oraz stopień rozpraszania energii są raczej przydatne do oceny długo- niż krótkoterminowych efektów zaburzeń aparatu fotosyntetycznego.

W badaniach obecnych w dwóch przypadkach połączono pomiar fluorescencji chlorofilu z oceną wymiany gazowej, głównie intensywności fotosyntezy i przewodności szparkowej. Wcześniejsze odnotowanie zmian w tempie wymiany gazowej niż w parametrach fluorescencji sugeruje zatem konieczność jednoczesnego kompleksowego pomiaru przebiegu procesu fotosyntezy obiema technikami.

Odnośniki do publikacji i opracowań 3.1.2; 3.1.6; 3.1.7; 3.1.13; 3.9.6

III. Główne kierunki działalności naukowo-badawczej po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego

W swojej pracy naukowo badawczej w ramach poniższych zagadnień udowodniłem, że analiza zmian zachodzących w aparacie fotosyntetycznym roślin jest jednym z najbardziej

informacyjnych podejść do oceny ich stanu fizjologicznego, ich reakcji na stres oraz mechanizmów adaptacyjnych, które rozwijają się w celu ochrony w zmieniającym się środowisku:

- 1) Struktura i funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego w warunkach stresu
- 2) Molekularne i biochemiczne mechanizmy odpowiedzi roślin na stres
- 3) Fitoekologia i ochrona środowiska

- 1) Struktura i funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego w warunkach stresu

Analiza reakcji roślin w różnych warunkach środowiskowych byłaby niemożliwa bez odpowiednich metod do oceny procesów zachodzących w roślinach. Jedną z najbardziej wartościowych metod opartych na monitorowaniu biofizycznych cech roślin jest wykrywanie i analiza fluorescencji chlorofilu. Fluorescencja jest emitowana głównie przez chlorofil *a* z kompleksów anteny fotosystemu II (PSII). Jednak jej sygnał zależy nie tylko od procesów w centrach reakcji PSII, ale także od reakcji redoks po stronach donorowej i akceptorowej PSII, a nawet od całego łańcucha transportu elektronów. Obecnie dostępna jest szeroka gama fluorymetrów od różnych producentów i chociaż do ich stosowania nie jest wymagane specjalistyczne szkolenie, prawidłowa interpretacja wyników wymaga wiedzy i doświadczenia jak przekształcić dane instrumentalne w informację o stanie analizowanych roślin. Jednym z celów mojej pracy badawczej po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego było opracowanie nowego podejścia do zbierania i analizowania informacji o przebiegu procesu fotosyntetycznego w roślinach w optymalnych warunkach i w warunkach różnych stresów. Fizyczne znaczenie i powiązanie każdego obliczonego parametru do konkretnych elementów aparatu fotosyntetycznego i procesów w nim przebiegających w celu oceny kondycji fizjologicznej roślin, opiera się przede wszystkim na analizie krzywych indukcji fluorescencji, które są szczegółowo rozpatrywane w oparciu o teorię strumienia energii w aparacie fotosyntetycznym opracowanym przez prof. Reto J. Strassera i znanym jako "test JIP". Oświetlenie próbki roślinnej powoduje wzbudzenie fluorescencji chlorofilu, które przedstawia się właśnie na charakterystycznych krzywych indukcji, niosących szerokie spektrum danych o każdym etapie procesu fotosyntezy. Fluorescencja chlorofilu daje dwa rodzaje sygnałów – natychmiastowy (PF) i opóźniony (DF). Badania prowadzone przeze mnie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego są w wielu przypadkach rozszerzone o dane z wielofunkcyjnego analizatora wydajności roślin M-PEA, który został opracowany i wprowadzony na rynek przez firmę Hansatech Instruments Ltd.. Jest on tak skonstruowany, aby podczas jednego pomiaru mierzyć jednocześnie oba sygnały fluorescencji. Ich początkowe etapy mają nakładającą się kinetykę i dlatego nie mogą być rejestrowane razem. Urządzenie w czasie pomiaru przełącza się pomiędzy warunkami światła

(rejestracja PF) i ciemnością (rejestracja DF) w określonych okresach czasu. Gdy światło jest wyłączone zachodzą procesy utleniania w centrum reakcji fotosystemu II (PSII), co obniża poziom fluorescencji chlorofilu. Tak więc po ponownym włączeniu światła sygnał PF jest kontynuowany z niższego poziomu.

W ramach badań własnych podjąłem tematykę wpływu niedoborów składników mineralnych na funkcjonowanie i strukturę aparatu fotosyntetycznego. Magnez jest jednym z najbardziej znaczących makroskładników, zaangażowanych w strukturalną budowę tkanek roślinnych oraz działanie wielu enzymów takich jak PSII. Dlatego też zaangażowałem się w analizę działania i wydajności PSII przy użyciu kinetyki indukcji fluorescencji chlorofilu i obrazu mikroskopowego, w celu wykrycia zmian u rzodkiewki pod wpływem niedoboru magnezu. Rośliny rosnące w warunkach niedoboru wykazywały mniejszą łączność PSII i mniej aktywnych QA niż rośliny kontrolne. W obrazie z mikroskopu konfokalnego i elektronowego stwierdzono zwiększoną ilość skrobi w chloroplastach, a metoda wychwytu 3,3-diaminobenzydyny (DAB) ujawniła większą akumulację H_2O_2 w warunkach niedoboru magnezu. Znaczące zmiany spowodowane niedoborem magnezu obserwowano w wartościach parametrów fluorescencji chlorofilu takich jak DIo/RC , względna zmienna fluorescencja przy 150 ms (VI) czy $DFabs$. To ostatnie wpłynęło również znacząco na inne parametry, takie jak DIo/CSO , PI_{total} i względną zmienną fluorescencję przy 300 ms (V_k). Ta praca miała wykazać przede wszystkim możliwość wykorzystania fluorescencji chlorofilu w połączeniu z analizami mikroskopowymi i statystycznymi, do diagnozowania wpływu niedoboru składników odżywczych na rośliny we wczesnej fazie ich rozwoju. Niedobór magnezu miał duży wpływ na wzrost oraz rozwój badanych roślin rzodkiewki przede wszystkim ze względu na kombinację nieprawidłowości w strukturze chloroplastów, zawartości chlorofilu i skrobi, obniżenia wydajności fotosyntetycznej (parametry fluorescencji chlorofilu), jej aktywności (intensywność fotosyntezy) oraz zaburzenia w absorpcji składników odżywczych. Analizy wykazały, że niedobór magnezu zaburza łańcuch transportu elektronów w chloroplastach i może prowadzić do niewykorzystania zaabsorbowanej energii oraz powstawania reaktywnych form tlenu. Dodatkowo wysoka zawartość H_2O_2 jest typowym objawem uszkodzenia błon tylakoidowych. Wcześniejsze badania wykazały zależności pomiędzy magnezem a potasem i wapniem – wysokie stężenie K i Ca skutkuje mniejszą dostępnością magnezu, natomiast przeprowadzone doświadczenie nie wykazało istotnych zależności między Mg a Ca i K. U rzodkiewek rosnących w warunkach niedoboru magnezu zaobserwowano za to negatywną korelację niedoboru magnezu i azotu oraz siarki. Wskazuje to, że niedobór magnezu wywołuje kompleksowe zmiany, a wiele sygnałów w komórkach nadal nie jest poznanych. Badania pokazują jednak, że przebieg kinetyki fluorescencji chlorofilu jest czułym narzędziem

pozwalającym określić *in vivo* stan aparatu fotosyntetycznego w wielu różnych warunkach środowiskowych. W związku z tym, że składniki aparatu fotosyntetycznego, a szczególnie PSII są bardzo wrażliwe na stresy, dokładna analiza krzywych indukcji fluorescencji chlorofilu może być przydatna w monitorowaniu homeostazy roślin. Analiza składowych głównych PCA wskazuje na charakterystyczne zmiany, w tym te, które zaszły w PC1. Parametry te zmieniły się w różnym stopniu podczas niedoboru magnezu. Niektóre z nich (Vl, Vk, Vj, Dlo/RC i Dlo/CS) pozwoliły w pewny sposób wskazać na niedobór magnezu w rzodkiewce. Podczas stresu występują również odchylenia w pierwszych etapach przebiegu krzywej fluorescencji i objawiają się wzrostem kinetyki na odcinku O-J. Wskazuje to na mniejszą liczbę centrów reakcji QA, natomiast po przeniesieniu rośliny do optymalnych warunków zmiany wciąż występują, ale w nieco późniejszym odcinku 1-10 ms, wskazując przewlekły problem z wymianą elektronów między QA-QB. W ten sposób badanie potwierdziło, że ten parametr może być biomarkerem niedoboru magnezu.

W ramach własnych tematów podjąłem również badania, które pomogłyby określić parametr związany ze statusem azotu w roślinie. Wiadomym jest, że przedłużający się brak azotu powoduje zmniejszenie zawartości chlorofilu oraz towarzyszących mu barwników, zmniejsza efektywność fotosyntezy oraz wpływa na budowę błon tylakoidów. Nie do końca poznany jest natomiast wpływ niedoboru azotu na część fotosyntezy zależną od światła. Dlatego na przykładzie roślin rzodkiewki zbadałem wydajność i strukturę kompleksów zbierających światło, mierząc *in vivo* sygnał natychmiastowej fluorescencji chlorofilu. Uzyskane dane pozwoliły na wykreślenie krzywych

OJIP,

a ich szczegółowa analiza wykazała, że największe zaburzenia wystąpiły w PSII oraz jego podjednostkach. Na skutek niedoboru azotu nastąpiło odłączenie kompleksów zbierających światło. Kompleks rozkładający tlen również wykazywał pewne dysfunkcje, a centra reakcji uległy inaktywacji. Działanie PSII zostało zatem upośledzone prawie na każdym etapie: absorpcji fotonów w LHCII, przekazywania elektronów z OEC i redukcji QA na akceptorowej stronie PSII. Zaburzenia równowagi energetycznej między jednostkami PSII doprowadziły do zmniejszenia liczby aktywnych centrów reakcji, które zostały wygaszone i zaczęły rozpraszać energię wzbudzenia. Dysfunkcja LHCII ujawniła się jako wzrost minimalnej fluorescencji Fo i pojawienie się pasma L przy 150 ms w przebiegu krzywych fluorescencji chlorofilu. Zasugerowano wcześniej, że wzrost Fo wynika z odłączenia LHCII od PSII, a nie z jego degradacji i że oderwanie LHCII jest regulacyjnym mechanizmem wyrównywania energii wzbudzenia działającej na PSII. Rzeczywiście, analiza PCA wykazała silną korelację Fo z próbkami roślin krótkotrwale obciążonych stresem. Maksymalna wydajność kwantowa fotochemii pierwotnej PSII została

zatem poważnie ograniczona, powodując zahamowanie transportu elektronów przez kolejne kompleksy białkowe w błonie tylakoidowej. Zmiany strukturalne zostały zarejestrowane przy użyciu transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM). Badania TEM wykazały intensywną akumulację skrobi w czasie niedoboru azotu. W komórkach roślin z niedoborem N zaobserwowano rzadkie stosy tylakoidów rozmieszczone w cienkich warstwach wokół gran, a chloroplasty były ułożone obwodowo. w fazie silnego stresu obserwowano degradację lamelarniej struktury chloroplastów. Pomimo poważnych zaburzeń wynikających z niedostatku N, rośliny mogły powrócić do równowagi po przeniesieniu do pełnej pożywki. Dynamika procesów regeneracji ujawniła, że wystąpiły dwa rodzaje uszkodzeń: jedno z nich było naprawiane szybko, a drugie wolno. Szybko regenerujące wiązały się z odłączaniem LHCII z PSII, liczbą aktywnych centrów reakcji i rozproszeniem energii absorpcji. Powoli naprawiane były procesy związane z wydajnością kwantową transportu elektronowego i wskaźnikami wydajności dla zachowania energii w ETC. Stres niedoboru N redukuje wszystkie tylakoidowe składniki chloroplastów w podobnym stopniu i nie zmienia ich stechiometrii względem siebie. Zatem ETC i zawartość cytochromu b6f na jednostkę chlorofilu są niezależne od zawartości chlorofilu na jednostkę powierzchni liścia. Przepustowość ETC jest jednak skorelowana z cyklem Calvina-Bensona, w którym wykorzystywane są produkty reakcji zależnych od światła ATP i NADPH_p. Zmniejszenie zawartości RuBisCO, kluczowego enzymu cyklu, zmniejsza zapotrzebowanie na produkty reakcji zależnych od światła. Zwiększenie stosunków NAD(P)H/NAD(P) i ATP/ADP prowadziłyby do potencjalnie szkodliwej nadmiernej redukcji i inaktywacji składników ETC, dlatego uruchamiają się mechanizmy, które równoważą produkcją ATP i NADPH z ich wykorzystaniem w metabolizmie. Ze względu na powyższe obserwacje, stwierdzono, że w roślinach rosnących w warunkach niedoboru azotu maksymalna wydajność kwantowa PSII zostaje poważnie ograniczona, powodując zahamowanie transportu elektronów przez kolejne kompleksy białkowe w błonie tylakoidowej.

Wraz z Zakładem Biofizyki i Radiobiologii Uniwersytetu w Sofii oraz Instytutem Fizjologii i Genetyki Roślin Bułgarskiej Akademii Nauk, do zbadania reakcji roślin na stres suszy, czyli jednego z bardziej znaczących w tej chwili w Europie, wybrano *Platanus orientalis* - gatunek uważany za zagrożony, a w niektórych naturalnych ekosystemach Europy Zachodniej w zasadzie wymarły. Gatunek ten ze względu na przywiązanie do (preferowanie)hydrofilowego środowiska może być wkrótce równie silnie dotknięty przez zwiększającą się suszę również w Europie Wschodniej. Fizjologiczny stan elementów struktur zaangażowanych w fotosyntezę oszacowano na podstawie analizy sygnałów natychmiastowej i opóźnionej fluorescencji chlorofilu mierzonej za pomocą fluorymetru MPEA. Natychmiastowa fluorescencja chlorofilu bezpośrednio koreluje

wyższych wysokości mają zwiększoną fenotypową plastyczność związaną z reakcjami fotoprotekcyjnymi, wynikającą z długotrwałej adaptacji do skrajnych warunków górskich. W doświadczeniu drzewa uprawiano w tym samym miejscu w warunkach sprzyjających bukowi, dlatego też wszystkie specyficzne reakcje obserwowane w roślinach pochodzących z różnych lokalizacji można przypisać przystosowaniom długoterminowym. Wyniki pomiarów wskazały na jeszcze kilka ważnych kwestii. Po pierwsze, mniejsza intensywność fotosyntezy w upalnych warunkach spowodowana był głównie zmniejszeniem przewodnictwa szparkowego, które powoduje dyfuzyjne ograniczenie asymilacji CO₂. Jest to charakterystyczne dla średniego poziomu stresu, kiedy temperatura nie jest na tyle wysoka, aby spowodować bezpośrednie zahamowanie aktywności Rubisco lub uszkodzenia PSII. Po drugie, stwierdzono tylko nieznaczne różnice między reakcjami drzew o różnym pochodzeniu na poziomie parametrów wymiany gazowej. W tym względzie godne uwagi były jednak wyniki wskazujące na istotne różnice obserwowane za pomocą metod fluorescencyjnych. Można postawić hipotezę, że zmiany w fotochemii PSII mogą odzwierciedlać adaptacje i aklimatyzację związaną z funkcjami fotoprotekcyjnymi. Niedawno osiągnięto porozumienie co do kluczowej roli fotoprotekcji u roślin, zwłaszcza tych narażonych na nadmierne lub zmienne światło oraz w oddziaływaniach z innymi czynnikami stresowymi. Niewystarczająca ochrona przed fotouszkodzeniami może prowadzić do nadmiernej produkcji ROS po stronie akceptorowej PSI, co ma szkodliwy wpływ na struktury makrocząsteczkowe w komórkach. Chociaż wychwytywanie ROS odgrywa ważną rolę w zapobieganiu uszkodzeniom oksydacyjnym, znacznie ważniejsza okazuje się być ochrona przed nadmierną redukcją strony akceptorowej PSI. Zapewniane jest to przez kilka procesów. Pierwszy z nich to regulacja absorpcji światła, w konsekwencji której dochodzi do zmniejszenia wydajności fotochemicznej, czyli ograniczenia transportu elektronów. Można to wykryć za pomocą pomiaru wygaszania niefotochemicznego (NPQ). Uzyskane przeze mnie wyniki wskazują jednak na nieznaczne różnice między różnymi drzewami w NPQ i brak wpływu połączonej suszy i stresu cieplnego na ten parametr.

Zarówno zwiększenie wartości NPQ, jak i regulacja liniowego transportu elektronowego przez cytochrom b6/f, zależą od zwiększenia transtylakoidalnego gradientu protonów (ΔpH). Ten ostatni jest generowany przez fotosyntetyczny transport elektronów w warunkach nadmiaru światła. Należy jednak wziąć pod uwagę, że zbyt wysoki ΔpH może mieć negatywny wpływ na fotosyntezę, wpływając również na stosunek NADPH/ATP, co z kolei przekłada się na funkcje metaboliczne. Dlatego bardzo wysokie NPQ może służyć jako krótkotrwała reakcja ochronna, ale nie jako mechanizm długotrwałej aklimatyzacji i wyjaśnia, dlaczego wartości NPQ nie były wyższe w warunkach długotrwałej stresu suszy. Drzewa w przeprowadzonym doświadczeniu nie

były narażone na krótkotrwałe okresy suszy, ale na długotrwałe i powtarzające się, z temperaturami powyżej optimum. Co więcej, nagromadzenie transtylakoidalnego gradientu protonowego może być mniej wydajne w warunkach wysokiej temperatury, a wartości NPQ w warunkach wysokiej temperatury mogą być niższe. Aby zapobiec tworzeniu się ROS, rośliny zamiast cyklu Calvina wykorzystują alternatywne ścieżki zużywające energię (NADPH), takie jak fotooddychanie, reakcja Mehlera czy redukcja azotynów. Te szlaki umożliwiają utrzymanie transportu elektronów na wysokim poziomie, przy jednoczesnym uniknięciu negatywnych skutków wynikających z zakwaszenia lumen tylakoidów. Wartości efektywności kwantowej PSII (ϕ PSII) stosowane do oszacowania szybkości transportu elektronowego (JPSII) w oparciu o pomiary fluorescencji chlorofilu wskazują, że drzewa pochodzące z dużych wysokości utrzymywały te parametry na wysokim poziomie pomimo niższego wskaźnika asymilacji z powodu zamknięcia aparatów szparkowych. Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem jest regulacja poprzez alternatywne ścieżki. Różnice w regulacji transportu elektronów między drzewami z różnych wysokości, obserwowane przez pomiary PAM znalazły również odzwierciedlenie w wynikach analizy kinetyki fluorescencji chlorofilu. Pomiary w warunkach przystosowania do ciemności dostarczają bowiem informacji na temat potencjalnej a nie faktycznej wydajności przebiegu procesu fotosyntezy. W wielu badaniach pomiary po adaptacji do ciemności są ograniczone do porównania wartości ϕ Po (F_v/F_m); które zapewnia tylko częściowy obraz. Obserwacje przeprowadzone w omawianym doświadczeniu wykazały jedynie niewielkie skutki połączonej suszy i stresu cieplnego na maksymalną wydajność kwantową PSII. W wielu przypadkach ϕ Po ma niską czułość lub jego interpretacja może być trudna lub nawet myląca. Z drugiej strony, już wcześniej udokumentowano w drzewach leśnych, że wiele parametrów pochodzących z kinetyki przejściowej fluorescencji chlorofilu odzwierciedla strukturalne i funkcjonalne właściwości aparatu fotosyntetycznego i jego strategię aklimatyzacji do czynników środowiskowych.

Jednak zdecydowanie najbardziej wrażliwe na czynniki środowiskowe i jednocześnie dobrze obrazujące wydajność fotosyntezy okazują się być wskaźniki wydajności, reprezentujące potencjalne zachowanie energii fotonów pomiędzy PSII a PSI. Zgodnie z oczekiwaniami, w warunkach suszy w przeprowadzonym doświadczeniu wskaźnik wydajności był niższy w porównaniu do okresu z większą dostępnością wody. Co ciekawe, rośliny z wyższych wysokości miały wyższe wartości wskaźnika wydajności w porównaniu do tych pochodzących z niższych wysokości. Może to być częściowo funkcją nieco niższej ABS/RC wskazującej na mniejszy rozmiar anteny PSII. Zjawisko to tylko potwierdza długoterminową adaptację roślin z dużych wysokości narażonych na wysokie promieniowanie (w tym wyższy UV) i bardziej surowe

warunki. Równie ważna była obserwacja, że udział ψETo i δREo , dwóch składowych wskaźników wydajności charakteryzujących sprawność działania różnych części łańcucha transportu elektronów między PSII i PSI, był wyższy u drzew z większych wysokości. To dobrze dokumentuje różnice w zdolnościach adaptacyjnych i aklimatyzacyjnych buka zaobserwowanych w różnych obszarach.

W celu udowodnienia swoich też badawczych mówiących o istnieniu parametrów fluorescencji chlorofilu, które można wykorzystać jako wskaźnik stresu podjąłem się również, w ramach współpracy z naukowcami z kilku ośrodków w Polsce, na Słowacji i w Serbii., zbadania wpływu suszy i/lub zasolenia w młodych drzewach *Tilia cordata*. Parametry fluorescencji oparte na przejściowych krzywych OJIP obliczono w celu upewnienia się, na które z nich wpływ miała susza i/lub zasolenie. Odkryto, że zasolenie i susza mają podobne mechanizmy działania w fazie fotosyntezy zależnej od światła, jednak reakcja fotosystemu II na działanie stresu wystąpiła wcześniej w roślinach dotkniętych suszą. Zmiany pojawiły się jako uszkodzenie OEC i centrów reakcji z równoczesnym wzrostem parametrów rozproszenia energii. Na podstawie wyników założono, że zarówno stres suszy, jak i zasolenia indukuje zakłócenia w fotochemii chloroplastu. Kiedy tempo absorpcji energii świetlnej przez barwniki fotosyntetyczne przewyższa szybkość jej zużycia, pochłonięta energia światła przyspiesza proces fotoinhibicji. W związku z tym, że pierwotne fotouszkodzenia PSII występują w OEC, następuje brak przekazywania elektronów z OEC do utlenionych centrów reakcji PSII, przez co zwiększa się ryzyko uszkodzeń PSII RC. Aby poradzić sobie z nadmiarem światła, rośliny wytworzyły mechanizm, który rozprasza pochłoniętą energię w postaci ciepła. DIo/RC i ϕDo są parametrami, które odnoszą się do szybkości rozpraszania energii przez PSII. Wartości DIo/RC i ϕDo uzyskane w badaniu wpływu zasolenia i/lub suszy w *Tilia cordata* dodatkowo potwierdziły, że zarówno zasolenie jak i stres suszy wywołują fotoinhibicję. Potwierdziły to również wyniki analizy PCA. Połączony efekt nadmiaru światła i czynniki stresowe spowodowały uszkodzenie OEC, a następnie uszkodzenie w RC. Ponadto w drzewach zestresowanych pojawił się mechanizm ochrony przed nadmiarem światła, co spowodowało wzrost parametrów rozpraszania energii (DIo/RC , ϕDo , TRo/RC , ABS/RC), zwłaszcza u tych dotkniętych suszą. W późniejszym czasie pojawiło się również przesunięcie wartości Fo , co sugeruje, że długotrwały stres wyzwała dysocjację LHC od PSII i zakłócenie łączności energetycznej. Ponieważ jednak oba czynniki stresowe wywoływały podobne zmiany w zależnej od światła fazie fotosyntezy, nie można zalecić fluorescencji chlorofilu jako wskaźnika do odróżnienia skutków stresu suszy i zasolenia, przynajmniej u *Tilia cordata*.

Odnośniki do publikacji i opracowań 3.2.1; 3.2.2; 3.2.4; 3.2.5; 3.2.10; 3.2.11; 3.2.15; 3.2.19; 3.2.20; 3.2.21; 3.2.26; 3.2.31; 3.2.32; 3.2.38; 3.2.47; 3.2.53; 3.2.54; 3.2.57; 3.2.58; 3.2.62; 3.4.8; 3.4.14; 3.4.15; 3.6.7; 3.6.11

2) Molekularne i biochemiczne mechanizmy odpowiedzi roślin na stres

Molekularne i biochemiczne (?)mechanizmy odpowiedzi na stres były kolejnym dużym zagadnieniem, które podejmowałem w swojej pracy badawczej i również tutaj w kilku przypadkach starałem się wykazać korelację pomiędzy zmianami w funkcjonowaniu fotosystemów oraz metabolizmem rośliny. Jedne z takich badań, w ramach współpracy z fizjologami roślin, biologami i genetykami z krakowskich, katowickich i kieleckich ośrodków naukowych, skupiły się na fizjologicznej i biochemicznej charakterystyce mutantów BR jęczmienia. Brassinosteroidy są hormonami roślin, których fizjologiczna funkcja nie jest jeszcze w pełni poznana, dlatego też celem badania była odpowiedź na pytanie czy i jak produkcja BR w jęczmieniu wpływa na metabolizm rośliny w warunkach optymalnych oraz w czasie suszy. Mutanty z upośledzoną produkcją BR są jednymi z najlepszych narzędzi badawczych do zrozumienia mechanizmu działania tych hormonów. W doświadczeniu użyto odmian jęczmienia z normalną syntezą BR (typ dziki) i półkarłowych allelicznych mutantów z upośledzoną aktywnością oksydazy C6 (mutacja w HvDWARF), co skutkuje zmniejszoną syntezą BR.

Zarówno w warunkach optymalnego nawodnienia jak i suszy upośledzenie syntezy BR powodowało niższą produkcję ABA i cytokin, ale nie auksyn. Mutanty BR wytwarzały również mniej osmoprotektanta proliny. W warunkach optymalnego nawodnienia, a także w stresie suszy mutanty akumulowały mniej sacharozy, czemu towarzyszyły zmiany w produkcji innych rozpuszczalnych cukrów. Zwiększona zawartość fruktooligosacharydu (kestozy) w optymalnie podlewanych mutantach sugerowałaby, że BR jest ujemnym regulatorem produkcji kestozy. Obniżony poziom nystozy u mutantów wykazujących stres związany z suszą również sugeruje udział BR w regulacji produkcji tego fruktooligosacharydu. Nagromadzenie transkryptów genów związanych z odpowiedzią na stres (hsp90) było niższe w nawodnionych oraz w poddanych stresowi suszy mutantach z niedoborem BR. Z kolei niższa wydajność fotosystemu II oraz intensywność fotosyntezy u mutantów ujawniły się jedynie w warunkach suszy. Badanie pozwoliło również na opisanie fizjologicznych i biochemicznych cech dwóch indukowanych chemicznie mutantów jęczmienia, 522DK i 527DK. Opisane zmiany były bardziej zaznaczone w mutacji 527DK niż w allelicznym 522DK. Może to być spowodowane tym, że mutacje zidentyfikowane w tych genotypach znajdują się w różnych regionach genu HvDWARF. Mutacje

zmiany sensu w obu przypadkach powodowały substytucje wysoce konserwatywnych reszt. Pomiary endogennego BR u tych dwóch mutantów wskazały również, że obniżone endogenne poziomy BR w mutancie 527DK były bardziej znaczące niż u allelicznego mutantu 522DK, co potwierdziło analizę genetyczną i może wyjaśnić uzyskane wyniki. Może to sugerować, że im większe obniżenie poziomu BR, tym bardziej intensywne są negatywne efekty fizjologiczne i biochemiczne. Różnice między dwiema zmutowanymi wersjami białka HvDWARF mogą stać się bardziej widoczne w warunkach stresu suszy. Dlatego postulujemy, że mutanty alleliczne niosące mutacje w różnych domenach funkcjonalnych białka mogą różnie reagować na warunki stresowe. Najważniejsze wnioski płynące z tego doświadczenia sugerują, że w warunkach optymalnego nawodnienia mutanty z niedoborem BR nie mają zaburzonej skuteczności PSII, chociaż BR w tych roślinach prawdopodobnie bierze udział w procesach odpowiedzialnych za utrzymanie odpowiednich poziomów chlorofilu. Mutanty z niedoborem BR charakteryzują się mniejszą aktywnością enzymu wiążącego CO₂ (Rubisco), chociaż ich współczynnik fotosyntezy netto pozostaje niezmienny. Mutanty BR gromadzą mniej sacharozy, czemu towarzyszy zwiększony poziom glukozy i fruktozy. Zwiększona zawartość fruktooligosacharydu (kestozy) w mutantach sugerowałaby, że BR jest ujemnym regulatorem produkcji kestozy. Mutanty wykazywały również opóźnienie wzrostu i opóźnienie w rozwoju generatywnym. Stwierdzono również, że susza modyfikuje odpowiedź metaboliczną mutantów BR, co sugeruje, że w tych samych procesach BR mogą działać inaczej w warunkach optymalnych i stresowych. Pod wpływem suszy mutanty z niedoborem BR mają niższą wydajność PSII, chociaż nie jest to związane z poziomami barwników fotosyntetycznych. W mutantach ujawniono niższą intensywność fotosyntezy, ale aktywność Rubisco nie różniła się od roślin typu dzikiego. Mutanty BR gromadzą mniej sacharozy, czemu towarzyszy obniżony poziom glukozy i fruktozy. Nagromadzenie transkryptu hsp70 jest wyższe tylko w jednym z mutantów (527DK). Nagromadzenie transkryptu hsp90 jest mniejsze zwłaszcza w zmutowanym 527DK. Opierając się na tej analizie zaproponowano, że BR wydają się być odpowiedzialne za normalny wzrost roślin podczas suszy, a w mniejszym stopniu są zaangażowane w kontrolę rozwoju. W przeciwnym razie ich wpływ w tym przypadku jest osłabiony przez suszę.

W innych badaniach przeprowadzonych z zespołem z Uniwersytetu Tancie w Egipcie, nad funkcjonowaniem metabolizmu w warunkach stresowych podjęto próbę określenia roli dehidryny w tolerancji na suszę. W związku z wykazaniem, że dehidryna z *Jatropha curcas* (JC-DHN2) odgrywa ważną rolę podczas naturalnego procesu odwodnienia związanego z dojrzewaniem nasion, wygenerowano transformowaną roślinę ryżu nadeksprymującą gen Jc-DHN2 i zbadano jego rolę w poprawie tolerancji na suszę. Na podstawie parametrów wzrostu, zawartości chlorofilu,

maksymalnej wydajności kwantowej PSII i wygaszania niefotochemicznego stwierdzono, że rośliny transformowane wykazywały silniejszy wzrost i zwiększoną tolerancję na stres. Ponadto, rośliny te wykazywały większą stabilność błony podczas suszy w porównaniu z nietransformowaną rośliną. Rośliny transformowane miały wyższą zawartość substancji osmoregulatorowych, takich jak prolina, wolne aminokwasy i rozpuszczalne cukry oraz wykazały wyższe wartości aktywności enzymów, takich jak dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza i peroksydaza askorbinianowa w porównaniu z typem dzikim. Liczne badania ujawniły pozytywny wpływ ekspresji genów DHN na tolerancję na stres. DHN mogą pełnić ważne funkcje w komórkach roślinnych, takie jak ochrona struktury i stabilizacja błon plazmatycznych oraz zwiększanie aktywności enzymów wrażliwych na stres w przypadku wystąpienia suszy. Jak wiadomo zachowanie integralności i stabilności błony w warunkach stresu abiotycznego jest głównym składnikiem środowiskowych tolerancji stresu u roślin. Rośliny transgeniczne nadekspresujące DHN wykazywały znacznie mniej intensywną peroksydację lipidów błony i mniejszy wyciek elektrolitów. DHN mogą tworzyć amfifilowe α -helisy, które kontrolują oddziaływanie DHN z lipidami, błonami plazmatycznymi i hydrofobowymi miejscami częściowo zdenaturowanych białek, aby zapobiegać agregacji białko-białko w warunkach stresu suszy. Stymulowanie wytwarzania H_2O_2 pod wpływem stresu w roślinach typu dzikiego, w porównaniu z roślinami transformowanymi, sugeruje brak zwiększonej zdolności do ochrony przed uszkodzeniami oksydacyjnymi wywołanymi stresem suszy u tych pierwszych. Potwierdziło się to w wykonanym badaniu, w którym, nadekspresja JcDHN-2 zapobiegała nadmiernemu gromadzeniu się H_2O_2 w warunkach stresu. Wzór aktywności enzymów antyoksydacyjnych wykazał dobry udział SOD, CAT i APX w roślinach transformowanych podczas usuwania skutków stresu. W roślinach typu dzikiego zaobserwowano natomiast niską aktywność zarówno CAT jak i APX, co mogło spowodować utratę tolerancji na suszę. Wydaje się zatem, że istnieje związek między wyższą zdolnością przeciwutleniającą a wyższą tolerancją na stres suszy w transgenicznym ryżu, co tylko potwierdza ideę roli ochronnej DHN. Oznaczenie zawartości barwników fotosyntetycznych takich jak chlorofil *a*, *b*, i karotenoidów, a także parametrów fluorescencji chlorofilu (F_v/F_m , PSII i NPQ) wykazało zwiększenie ich wartości w roślinach transformowanych w warunkach kontrolnych. W warunkach stresowych wartości powyższych parametrów była znacząco zmniejszona w roślinach typu dzikiego, podczas gdy w roślinach transformowanych zmniejszenie wartości tych parametrów było nieznaczne. Wyniki te wyraźnie wskazują, że rośliny transgeniczne z nadekspresją JcDHN-2 mają większą tolerancję na stres suszy w porównaniu z roślinami typu dzikiego, przede wszystkim ze względu na zwiększenie wydajności fotosyntezy i aktywności enzymów antyoksydacyjnych.

Poza badaniem molekularnych podstaw odpowiedzi roślin na stres suszy w swoich doświadczeniach podjąłem również temat mechanizmów odpowiedzi na stres silnego światła. W tym badaniu, przeprowadzonym w ramach współpracy ze Słowackim Uniwersytetem Rolniczym, Rosyjską Akademią Nauk, a także Chińską Akademią Nauk i Chińskim Uniwersytetem Przyrodniczym w Quingdao, wykazano, że aktywność chloroplastycznej syntetazy glutaminowej (GS, EC 6.3.1.2) jest ograniczającym etapem szlaku fotorespiracyjnego. W eksperymencie badano reakcję mutantu GS2 jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.) o zmniejszonej aktywności GS, w porównaniu do typu dzikiego (WT) w odpowiedzi na stres dużego natężenia światła. Zastosowano biofizyczne metody oparte na powolnej i szybkiej indukcji fluorescencji chlorofilu, absorbcję P700 i pomiary wymiany gazowej. Pomimo tego, że rośliny GS2 miały wysoką fluorescencję podstawową (F_o) i niską maksymalną wydajność kwantową (F_v/F_m), współczynnik asymilacji CO_2 i rzeczywiste wydajności kwantowe w PSII i PSI były prawidłowe. Z drugiej strony, w warunkach silnego oświetlenia, GS2 miał o wiele wyższą wartość parametru rozpraszania niefotochemicznego (NPQ), spowodowaną zarówno zwiększoną wydajnością rozpraszania energii jak i odłączaniem anten PSII od centrów reakcji (RC). Liście GS2 również utrzymywały równowagę redoks (QA/QA_{total}) na bardzo niskim poziomie; prawdopodobnie był to powód, dla którego zaobserwowane uszkodzenia fotoinhibicyjne nie były znacząco wyższe niż w roślinach WT. Analiza indukcji fluorescencji chlorofilu w GS2 wykazała znacznie niższy stosunek RC do anteny (RC/ABS), niski stosunek PSII/PSI (potwierdzony przez zapisy P700), a także niskie połączenie ekscytonowe PSII. Oczekiwałoby się, że mutant GS2 o zmniejszonej aktywności chloroplastycznej syntetazy glutaminowej będzie wykazywał zmniejszone fotooddychanie, ponieważ wykazuje brak glutaminianu do transaminowania glioksyłanu do glicyny. Mutant, którego użyto w badaniu należy do grupy heterozygotycznych mutantów jęczmienia, w których fotooddychanie jest ograniczone przez zmniejszoną aktywność enzymów. Mutanty GS2 jęczmienia mają zwykle normalny poziom intensywności fotosyntezy przy umiarkowanym świetle i naturalnym stężeniu CO_2 i zostało to potwierdzone w omawianych badaniach. Wcześniej wykazano, że zmniejszona aktywność GS doprowadziła często do zmniejszenia asymilacji CO_2 i szybkości transportu elektronów w PSII, ale głównie w warunkach fotooddychania. W przypadku omawianego doświadczenia na mutantach jęczmienia GS2 stało się tak przy naturalnym świetle słonecznym, kiedy zmniejszenie wartości F_m towarzyszyło niskiej wydajności kwantowej PSII i ETR. Podczas badań oczekiwano, że mutacja GS2 wpłynie na procesy związane z fazą fotosyntezy niezależną od światła. Dlatego zaskakujące okazało się, w jakim stopniu wpływa ona na parametry związane z pierwotną konwersją energii świetlnej (parametry powiązane PSII i PSI). Procesy fazy zależnej i niezależnej od światła są

wzajemnie połączone głównie za pośrednictwem ATP i NADPH. W związku z tym spadek szybkości fotooddychania może prowadzić do zmniejszenia zużycia ATP i NADPH, co prowadzi do spadku liniowego transportu elektronów między PSII i PSI. W każdym razie współczynnik fotosyntezy jest zwykle bardzo zmienny w ciągu dnia, w zależności od dostępności CO₂ z powodu stopnia otwarcia aparatów szparkowych. Dlatego względnie mały spadek transportu elektronowego, oczekiwany przez częściowy spadek fotooddychania z powodu mutacji GS2, może nie wyjaśnić głównych efektów, które zostały zaobserwowane w doświadczeniu. Jedną z najbardziej typowych właściwości roślin GS2 jest nadmierne rozpraszanie energii inne niż fotochemiczne (wartości NPQ często przekraczające 4), przekraczające wartości typowe dla rocznych gatunków traw, nawet narażonych na silny stres. Parametr NPQ odzwierciedla spadek wydajności fluorescencji spowodowany procesami rozpraszania energii w PSII. W rzeczywistości w wartości NPQ może być zaangażowanych kilka komponentów. Rozpraszanie "zależne od energii" (qE) jest składnikiem NPQ, który jest zależny od zmian pH. Niskie pH lumen tylakoidowego aktywuje qE przez protonowanie białka PsbS i przez cykl ksantofili. W badaniu wykonano również analizę barwników fotosyntetycznych, ponieważ stosunek chlorofilu *a* do *b* jest znacząco niższy w roślinach GS2. Wiadomo, że stosunek chlorofilu *a* do *b* w LHC z PSII wynosi około 1,33; w związku z tym wzrost stosunku LHC do RC prowadzi do zmniejszenia stosunku chlorofilu *a* do *b*. Niska wartość RC/ABS w liściach GS2 może być spowodowana zmniejszeniem liczby RC, jak również wzrostem rozmiaru anteny PSII w porównaniu do typu dzikiego. Ponieważ zawartość chlorofilu *b* była taka sama w GS2 i WT, możemy przyjąć, że istnieje podobny rozmiar kompleksów anteny PSII, ale mniejsza liczba centrów reakcji w liściach GS2 w porównaniu z WT. Równolegle do tych wyników można spekulować, że powodem nietypowej fotosyntetycznej ekspresji GS2 może być niewystarczająca synteza i/lub naprawa ośrodków reakcji PSII, które prowadzą do braku równowagi między liczbą RC i kompleksami antenowymi PSII. Na podstawie przeprowadzonych badań wysnuto hipotezę, że rośliny GS2 wzmocniły systemy fotoprotekcyjne w celu zmniejszenia poziomu fotouszkodzeń PSII. Ponieważ wiadomo, że poziom fotoinhibicji jest liniowo powiązany z poziomem energii wzbudzającego, dla rośliny zagrożonej fotoinhibicją utrzymanie niskiej energii wzbudzenia jest kluczowe dla przetrwania. Wyniki tego badania wskazują, że dzięki wysokiemu NPQ i dużej liczbie nośników elektronów, uwalnianie elektronów ze zmniejszonej liczby centrów reakcji PSII do strony akceptora PSII było wystarczająco niskie, aby utrzymać energię wzbudzenia i poziom redukcji po akceptorowej stronie PSI minimalizujące ryzyko uszkodzenia oksydacyjnego kompleksów fotosyntetycznych. Pomimo normalnej szybkości asymilacji CO₂, rośliny GS2 wykazywały bardzo specyficzną reakcję na duże natężenie światła na poziomie fotochemii PSII: nadmierne

rozpraszanie inne niż fotochemiczne, wysokie rozpraszanie fotochemiczne (i niska energia wzbudzenia), zmniejszoną liczbę centrów reakcji PSII w stosunku do anten, niższy stosunek PSII do PSI, a także znacznie niższą łączność ekscytonowa wśród jednostek PSII w porównaniu do roślin niebędących mutantami.

Odnosniki do publikacji i opracowań: 3.2.6; 3.2.13; 3.2.24; 3.2.27; 3.2.46; 3.2.52; 3.2.55

3) Fitoekologia i ochrona środowiska

Bardzo duża część mojej pracy badawczej po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego była poświęcona strukturalnym, funkcjonalnym i molekularnym podstawom odpowiedzi roślin na czynniki stresowe w zakresie przebiegu procesu fotosyntezy. Jednakże, pomimo że większość badań była skupiona na poznawczym aspekcie przebiegu fotosyntezy prowadziłem również badania stosowane. Dotyczyły one głównie wykorzystania fluorescencji chlorofilu w pomiarach służących ochronie środowiska, w tym zbiorników wodnych, fitoekologii i ekologii miast.

Obecnie dostępne metody oceny stopnia eutrofizacji wód są kosztowne, czasochłonne i wymagają posiadania zaawansowanej aparatury laboratoryjnej oraz wiedzy. Dlatego też w swojej pracy podjąłem się określenia prostej i uzasadnionej ekonomicznie metody monitorowania skutków eutrofizacji wody na obszarze rolniczym oraz powiązanie wyników monitorowania parametrów fizykochemicznych wody z fluorescencją chlorofilu. Badania prowadzono w zbiornikach wodnych zlokalizowanych na obszarze wiejskim, różniących się intensywnością eksploatacji terenów przyległych: znajdujących się w otoczeniu obszarów intensywnie uprawianych rolniczo oraz w obszarze chronionym rezerwatu przyrody. W pracy określono wydajność aparatu fotosyntetycznego glonów oraz właściwości fizykochemiczne wody. Badania wykazały, że wzrost intensywności fluorescencji chlorofilu związany jest ze zwiększonym ładunkiem substancji biogennych oraz ze wzmożonym wzrostem mikroorganizmów zawierających chlorofil. Wyniki wskazują, na możliwość zastosowania pomiarów fluorescencji chlorofilu do oceny stopnia eutrofizacji wód. Zaprezentowana metoda ma szansę na nieinwazyjną, szybką i precyzyjną ocenę stanu fizjologicznego ekosystemów wodnych na obszarach wiejskich, szczególnie narażonych na procesy eutrofizacji. Badanie fluorescencji wykonano również w celu monitorowania sezonowych zmian w parametrach związanych z jakością zbiornika wodnego w zależności od zagospodarowania brzegu. Celem było stwierdzenie stanu wody, szczególnie pod względem zawartości glonów i cyanobakterii po dwóch stronach jeziora, którego brzegi charakteryzują się zróżnicowanym wykorzystaniem. Jeden brzeg jeziora jest zabudowany i wykorzystywany rekreacyjnie, podczas gdy drugi stanowi skraj pola doświadczalnego, na którym eksploatowany

jest sad. Dokonywano pomiarów zawartości glonów zielonych i cyanobakterii a także określano stopień mętności wody. Wszystkich pomiarów dokonywano *in vivo*, przy użyciu urządzenia wykorzystującego fluorescencję chlorofilu *in situ*. Największe ilości zielonych glonów i cyanobakterii stwierdzono w lipcu podczas bardzo wysokich temperatur, utrzymujących się przez dłuższy czas. W każdym terminie pomiarowym, od maja, do sierpnia wyższe stężenie badanych organizmów zaobserwowano po zabudowanej stronie jeziora, co może świadczyć o większym zanieczyszczeniu zarówno substancjami mineralnymi jak i organicznymi. Stwierdzono, że w dużej mierze może to wynikać z faktu, iż część budynków mieszkalnych nie jest podłączona do sieci kanalizacyjnej i korzysta z systemu szamb.

W tematyce związanej z różnego rodzaju zanieczyszczeniami prowadziłem również badania związane ze skażeniem gleby różnymi toksycznymi substancjami i ich oddziaływaniem z roślinami. W jednym z takich doświadczeń, we współpracy z Instytutem Ekologii Terenów Uprzemysłowionych z Katowic oraz Katedrą Fizjologii Roślin Uniwersytetu Śląskiego, badano związek między parametrami wydajności procesu fotosyntezy w roślinach *Arabidopsis halleri*, stężeniem metali ciężkich w glebie i czynnikami środowiskowymi. Wykazano i udowodniono wysoki stopień wewnętrznej fizjologicznej różnorodności w zbiorowiskach, które występują na obszarach zawierających metale ciężkie i takich, które ich nie zawierają. W każdej populacji ze środowiska zanieczyszczonego akumulacja Cd i Zn w pędach była zawsze wyższa niż w korzeniach. Niezależnie od hipertolerancji *A. halleri* na metale ciężkie zaobserwowano toksyczny wpływ Cd, Pb i Zn na niektóre parametry wydajności aparatu fotosyntetycznego. Wyniki dla populacji rosnącej w środowisku zanieczyszczonym opisują toksyczne działanie metali ciężkich na parametry aktywności PSII, takie jak ϕP_0 , które są mierzone *in situ*. Generalnie mało jest prac przedstawiających wyniki aktywności PSII *in situ*, ale niektóre badania przeprowadzone w kontrolowanych warunkach wykazały, że wartość tego parametru zmniejsza się pod wpływem toksycznego działania Cd, Pb i Zn. Hiperakumulatory (np. *Arabidopsis halleri*, *Thlaspi caerulescens*, *Sedum alfredii*) i rośliny tolerancyjne (*Arabidopsis arenosa*) charakteryzowały się niewielkim, chociaż istotnym spadkiem ϕP_0 przy wysokich dawkach metali ciężkich (do 2000 μM Zn i 1000 μM Cd). W przeprowadzonym przeze mnie badaniu potwierdzono negatywny wpływ metali ciężkich na strumienie energii w PSII. Prawdopodobnie Cd silnie oddziałuje z PSII, co powoduje dezaktywację centrów reakcji (RC), a co za tym idzie, zmniejszenie pułapkovania energii (TR) i znaczny wzrost rozpraszania energii (DI). W roślinach będących hiperakumulatorami toksyczne działanie metali ciężkich na fotosyntezę było mniej szkodliwe. Kadm powodował spłaszczenie krzywych fluorescencji chlorofilu w *A. halleri*, co może być związane z jego toksycznym działaniem na OEC, pulę QA i końcowe elementy łańcucha

transportu elektronów, w tym FNR (Ferredoxin-NADP + Reductase). Zmiany w krzywych OJIP wykazały, że metale ciężkie nie spowodowały dezaktywacji PSII w *A. halleri*, gdyż w porównaniu do roślin, które nie są hiperakumulatorami, ma on znacznie wyższą tolerancję na toksyczne działanie metali ciężkich. Stwierdzono, że badane populacje rosnące w środowisku zawierającym metale ciężkie charakteryzowały się wysoką odpornością, jeśli chodzi o ich fotosyntezę w porównaniu z roślinami nietolerującymi tych toksycznych składników. Badania ekofizjologiczne na temat *A. halleri* mogą ugotować drogę do lepszego zrozumienia zjawiska hiperakumulacji i czynników, które mogą modyfikować ten proces. Celem kolejnych badań w tym zakresie było określenie wpływu soli miedzi na rozwój i fizjologiczną aktywność *Panicum virgatum*, rośliny energetycznej wykorzystywanej do fitoremediacji miedzi ze środowiska. Mierzono parametry wzrostu takie jak długość korzeni i wysokość roślin oraz parametry wymiany gazowej roślin, a także wyciek elektrolitów i aktywność enzymów: kwaśnej i zasadowej fosfatazy. Doświadczenie wykazało, że na skutek pobierania miedzi z gleby przez *P. virgatum* zmianie ulega aktywność enzymatyczna, intensywność fotosyntezy, pobieranie wody i transpiracja, a także wyciek elektrolitów. Jednocześnie stwierdzono, że jest to roślina zdolna do tolerowania w tkankach miedzi pobieranej ze środowiska, dlatego też można wykorzystywać ją zarówno jako roślinę energetyczną jak i w fitoremediacji.

Równie palącym problemem jak zanieczyszczenie gleb jest zanieczyszczenie powietrza, które jednak jest bardzo zmienne w czasie i przestrzeni. Uzyskanie szczegółowych danych na temat zanieczyszczenia powietrza na danym obszarze za pomocą tradycyjnych technik jest dość trudne, może okazać się również drogie. W wielu szczególnie cennych przyrodniczo regionach jest to jednak sprawa priorytetowa i tam można w tym celu użyć organizmów wskaźnikowych. Aby jednak określić tolerancję różnych organizmów na zanieczyszczenie metalami ciężkimi bardzo przydatne okazuje się zastosowanie techniki fluorescencji chlorofilu. W swojej pracy badawczej byłem zaangażowany w skryning mchów rosnących w wybranych obszarach Indii, zarówno terenowy jak i laboratoryjny. Dla celów biomonitoringu mchy można podzielić na dwie kategorie: gatunki zanikające w zanieczyszczonych obszarach jako wskaźniki oraz gatunki rosnące w zanieczyszczonych obszarach jako gatunki tolerujące. Jednym z takich doświadczeń była walidacja mchu *Rhodobryum giganteum* (Schwaegr.) Par. do oceny tendencji i intensywności pojawiania się zanieczyszczenia metalami ciężkimi (Zn, Cu, Cd i Pb) w regionie Uttarakhand w Indiach. Eksperymenty z biomonitoringiem przeprowadzono przez ekspozycję odpowiednio oznaczonych świeżych płatów mchu w czasie całego okresu badania. Analiza metali zaabsorbowanych przez ten gatunek mchu potwierdziła jego przydatność do biomonitoringu zanieczyszczeń atmosferycznych. Wykazano znaczne różnice w osadzaniu metali w różnych

porach roku. Najwyższe wartości metali występowały w mchu w lecie; następnie zimą, a najniższe wartości odnotowano w porach monsunowych. Odkrycia te są zgodne ze zmianami w aktywnościach antropogenicznych oraz warunków atmosferycznych. Wyniki wykazały ponadto, że zastosowany gatunek mchu był w stanie z powodzeniem określić oczekiwane różnice w odkładaniu się atmosferycznego metalu na badanym obszarze. Osadzanie metali na badanym obszarze rejestrowano w kolejności $Zn > Pb > Cu > Cd$ podczas 3-letniego okresu. Zauważono również ogólny wzrost tendencji do osadzania się metali, tj. średnie roczne obciążenia metalami ciężkimi w ostatnim (trzecim) roku badań wzrosły odpowiednio o 7%, 19% i 11% dla Zn, Pb i Cu, w porównaniu z ich zawartościami w pierwszym roku. Dla obszarów przemysłowych tendencja była nieco inna, odpowiednio 12%, 11% i 14% dla Zn, Pb i Cu.

Badania z zakresu fitoekologii, podjęte we współpracy z Katedrą Ekologii Roślin Uniwersytetu Jagiellońskiego, Katedrą Botaniki i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Śląskiego oraz Zakładem Biofizyki i Radiobiologii Uniwersytetu Sofijskiego, obejmowały między innymi próbę zrozumienia mechanizmów aklimatyzacji aparatu fotosyntetycznego *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv w procesie ekspansji. Badaniami objęto dwanaście populacji zróżnicowanych wiekiem: młodych (30-50 lat), średnich (około 100 lat) i starszych (> 300 lat). Potwierdzono, że zmniejszenie liczby genotypów w wyniku stresu środowiskowego i konkurencji znalazło odzwierciedlenie w zmianach parametrów fluorescencji chlorofilu. Dawne stanowiska zdominowane były przez kilka genotypów, które wydają się najlepiej przystosowane do samozacienienia/konkurencji poprzez obniżenie wydajności fazy fotosyntezy zależnej od światła. Z drugiej strony wysoki poziom intensywności fotosyntezy obserwowany w młodych populacjach może być postrzegany jako aklimatyzacja do bardzo niekorzystnych warunków. Potwierdzają to wyniki przeprowadzonych badań. Wykonane analizy pozwoliły znaleźć grupy o różnych parametrach fluorescencji chlorofilu i pozwoliły powiązać je ze zmianami w genotypowej różnorodności populacji. Na tej podstawie stwierdzono, że plastyczna odpowiedź morfologiczna i fizjologiczna na zmienne warunki oświetlenia z optymalną wartością półcienia w siedlisku nawiązuje do pochodzenia leśno-stepowego rośliny. Zrozumienie procesów związanych z pojawianiem się i ekspansją gatunków w nowych siedliskach ma zasadnicze znaczenie dla ochrony przyrody, między innymi dla opracowania planów ochrony muraw kserotermicznych bogatych w gatunki lub zapobiegania kolonizacji i rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych. Istnieje wiele dowodów na to, że prawdopodobieństwo sukcesu w kolonizacji nowego siedliska wzrasta wraz z liczbą źródeł pochodzenia gatunku lub wraz z wielokrotną kolonizacją. Jednak wiele badań wskazuje również, że geograficzne rozdzielenie populacji doprowadza do genetycznie jednolitych populacji wielu gatunków ekspansywnych. Jak

potwierdzono w analizach genetycznych (AFLP) kolonizacja *Brachypodium pinnatum* rozpoczęła się od nasion z wielu lokalizacji i przez pierwsze 30-50 lat często opierała się na tworzeniu monodominujących stanowisk, zwłaszcza na byłych ugorach lub na opuszczonych (to jest niewypasanych lub skoszonych) wapiennych murawach. Na tym etapie trawiaste stanowiska składały się z wielu genotypów. Na pośrednich i starych murawach (od 100 do > 300 lat) zaobserwowano silny spadek liczby genotypów (G) i niewielki spadek odsetka loci polimorficznych (PPL). Chociaż dane dotyczące (głównie neutralnej) zmienności genetycznej mogą być istotne dla odróżnienia "osobników" *Brachypodium* w warunkach polowych, istnieje potrzeba uzyskania dodatkowych danych ekologicznych lub fizjologicznych dla oceny prawdopodobieństwa jego żywotności lub dalszej ekspansji. Pojedyncze rośliny napotykają bowiem na szereg stresów środowiskowych (silne światło, susza, wysoka lub niska temperatura i niedobór składników odżywczych), konkurencję między- i wewnątrzgatunkową, wprowadzane drapieżniki oraz nowe lub zmodyfikowane choroby. Przeprowadzone badania ujawniły, że konkurencja między- i wewnątrzgatunkowa oraz warunki środowiskowe powodują silne zmiany w ekologicznych właściwościach osobników i populacji *Brachypodium*. Zmiany te są odzwierciedlone między innymi w anatomii liści i wykazują plastyczną aklimatyzację *Brachypodium* do możliwie wysokiego natężenia światła w młodych populacjach i konkurencji o światło w starych. Liście *Brachypodium* z młodych populacji mają cechy typowe dla skleromorficznych liści z dużymi chloroplastami, rozmieszczonymi równomiernie w mezofilu, podczas gdy te ze starych muraw, poza silnie zaznaczonym skleromorfizmem, wykazują optymalną dystrybucję chloroplastów, typową dla liści osobników rosnących w gęstych skupieniach. Oprócz zmian w populacji, różnorodności genotypowej i cech ekologicznych podczas ekspansji *Brachypodium* widoczne były również zmiany struktury liścia oraz parametrów fluorescencji chlorofilu związanych z różnymi aspektami funkcjonowania PSII. Wyniki przeprowadzonych przez mnie badań potwierdziły zwiększenie zawartości chlorofilu *a* i *b*, całkowitej zawartości chlorofilu i wskaźnika zieloności liści (SPAD) wraz z wiekiem populacji. Wartości współczynnika Chl *a/b* rejestrowane w młodych populacjach były zbliżone do 3:1, często przyjmowane jako optymalne dla roślin C₃, natomiast nieco niższe w populacjach średnich i starych (2,84 – 2,88). Zmiany w kinetyce fluorescencji chlorofilu mogą być związane z wydajnością fotosyntezy, ponieważ punkt nasycenia światłem został znaleziony przy ~ 1000 μmol fotonów m⁻² s⁻² w młodych populacjach i ~ 1200 μmol fotonach m⁻² s⁻² w starych. Rozmiar anteny PSII na aktywne centrum reakcji (ABS/RC) był również większy w młodych populacjach. Gęstość względna aktywnych centrów reakcji PSII (RC/CS₀) była znacznie niższa (około 40%) w roślinach z młodych populacji w porównaniu do starszych. W związku z tym zarówno skład

barwników fotosyntetycznych jak i analiza indukcji fluorescencji chlorofilu wskazują, że *Brachypodium pinnatum* należy do grupy roślin o zmiennej wielkości anten. Ponadto w tym badaniu zaobserwowano oznaki reorganizacji jednostek PSII wraz z wiekiem populacyjnym. Część O-J krzywej kinetycznej fluorescencji wykorzystuje się do oszacowania parametru łączności między jednostkami PSII. Obliczone parametry związane z łącznością: prawdopodobieństwo łączności między jednostkami PSII - p były o 150% i 40% wyższe w liściach od młodych populacji w porównaniu ze średnimi i starszymi. Pozostałe parametry łączności (PG) były również nieco wyższe w młodych populacjach. Wartość parametru p mieściła się w zakresie od 0,53 do 0,67, co potwierdziło, że organizacja anteny wszystkich badanych populacji była zgodna z modelem "połączonej jednostki", ponieważ uzyskany parametr łączności p wynosił od 0 do 1. Oznacza to, że energia wzbudzenia zamkniętych RC może zostać przeniesiona do kilku pobliskich otwartych RC. Początkowe nachylenie zmiennej fluorescencji M_0 , w krzywych przebiegu kinetyki fluorescencji chlorofilu wskazało na szybszą początkową akumulację zamkniętych RC w liściach z młodych populacji w porównaniu ze średnimi i starszymi. Co więcej, wyższe wartości krzywych w punktach J i I, a tym samym wyższe wartości VJ i VI w roślinach ze starych populacji wskazują na ograniczoną liczbę nośników elektronów po stronie akceptorowej PSII. Szczegółowa analiza, oparta na wybranych parametrach (S_m , N), sugeruje zmniejszenie wielkości puli nośników elektronów PSII i PSI (z QA do ferredoksyny), jak również zmniejszenie liczby obrotów QA pomiędzy F_0 i F_m . PSII jest jednym z najbardziej wrażliwych elementów struktury aparatu fotosyntetycznego. Stresy abiotyczne, takie jak susza lub silne światło, powodują nadmierne ograniczenia w łańcuchu transportu elektronów (ETC). Specyficzne strumienie przepływów energii w jednym aktywnym centrum reakcji (ABS/RC, TRO/RC, ETO/RC, REO/RC i DIO/RC) wyraźnie zmniejszają się wraz z wiekiem populacji. Mogą to być mechanizmy, dzięki którym PSII roślin ze starych populacji zmniejsza szybkość łańcucha transportu elektronów, przekształcając nadmiar pochłoniętego światła w energię ciepłą. Zmniejszona wydajność każdego RC (PI_{abs} i PI_{total}) jest kompensowana przez zwiększony RC/CSO (odzwierciedlający aktywną gęstość centrów reakcji) na powierzchnię liścia, jak również przez wyższe całkowite stężenie chlorofilu w tkance fotosyntetyzującej roślin ze starych populacji. Powyższe wyniki demonstrują bardzo plastyczną reakcję *Brachypodium* na zmienne warunki środowiskowe, odzwierciedlone w redukcji maksymalnej wydajności kwantowej PSII (ϕ_{Po}) we wczesnych stadiach ekspansji przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności kwantowej i prawdopodobieństwa transportu elektronów z QA- do PQ (ϕ_{Eo} ; ψ_O). Spośród parametrów fluorescencji chlorofilu użytych w tym badaniu, wskaźnik wydajności (PI) dostarcza informacji o ogólnym stanie roślin i ich witalności. Łączy informacje o stężeniu w pełni aktywnych centrów

reakcji, fotochemii pierwotnej i transporcie elektronów. PI ABS jest związany z zachowaniem energii fotonów zaabsorbowanych przez PSII w postaci zredukowanych intersystemowych akceptorów elektronów, a także w całości w postaci zredukowanych akceptorów PSI. W tym badaniu stwierdzono istotnie wyższe wartości wskaźników wydajności: wyższy o 50% w przypadku PIabs i 300% w przypadku PItotal w młodych populacjach. Jak można zatem wnioskować za pomocą pomiaru parametrów fluorescencji chlorofilu można badać zmiany zachodzące w czasie w populacji jednego gatunku w zakresie przystosowania do ekspansji na nowych terenach oraz występujących na nich stresach biotycznych i abiotycznych.

Tereny zielone w miastach również leżą w obszarze moich zainteresowań ze względu na fakt, że z powodu rozwoju cywilizacyjnego stopniowo i nieubłaganie się kurczą i są poddane coraz silniejszej presji warunków środowiskowych. Mieszkańcy nawet niewielkich miast borykają się z problemem zanieczyszczonego powietrza, podtopieniami lub zamiennie podwyższonymi temperaturami spowodowanymi zbyt dużą powierzchnią pokrytą betonem. Gminy i miasta podejmują różnorodne działania oraz przeznaczają znaczne środki na przeciwdziałanie zwiększającym się z roku na rok problemom. Większość specjalistów z zakresu ekologii miast twierdzi, że najbardziej efektywnym rozwiązaniem byłoby zwiększenie ilości roślin, zwłaszcza drzew, w bezpośrednim sąsiedztwie ludzi. Działania w tym zakresie podejmuje się od wielu lat, lecz w dalszym ciągu nie obserwuje się wyraźnych efektów. We wspomnianych wyżej warunkach dostrzega się spadek kondycji dojrzałych drzewostanów, a żywotność nowo nasadzonych drzew z powodu złych warunków bytowania jest coraz krótsza. Dlatego też wychodząc naprzeciw zaistniałej sytuacji wziąłem udział w doświadczeniach mających na celu opracowanie rozwiązań, pozwalających na dokonywanie nowych nasadzeń na terenie miast i obszarów wiejskich, jak również poprawę warunków siedliskowych drzew już istniejących. Najnowsze badania naukowe pokazują, że najistotniejszym elementem tych rozwiązań mogą być antykompresyjne systemy podłoża w formie mieszanki kamienno-glebowej. Natomiast przeprowadzone badania i analizy pod kątem oceny kondycji drzew posadzonych na poletkach eksperymentalnych zawierających różne systemy podłoża pozwalają stwierdzić, iż drzewa rosnące w podłożu strukturalnym są w dobrej kondycji, a ich parametry zdrowotne nie różnią się znacząco w odniesieniu do drzew z poletka kontrolnego. Stwierdzono najwyższe temperatury koron w przypadku drzew rosnących w ekstremalnych warunkach siedliskowych. Natomiast zmiany pozostałych parametrach były bardzo dynamiczne i niezbędne są dalsze badania pozwalające na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków. Biorąc pod uwagę aspekt ekologiczny, podłoża strukturalne wykonane w całości z naturalnych materiałów przyczyniają się do zwiększenia ilości drzew w miastach.

W ramach współpracy z Katedrą Kształtowania Środowiska SGGW oraz Ogrodem Botanicznym PAN w Powsinie, badano życicę trwałą (*Lolium perenne* L.), która jest jednym z najpopularniejszych gatunków traw w Europie. Jest powszechnie stosowana do tworzenia trawników na obszarach miejskich, gdzie stres związany ze światłem jest jednym z głównych czynników środowiskowych ograniczających jej wzrost. Podstawowym celem badań było określenie jaka jest zdolność adaptacyjna aparatu fotosyntetycznego odmian życicy trwałej do długoterminowej redukcji promieniowania słonecznego i która z badanych odmian ma najlepsze właściwości do wykorzystania na użytki zielone. Niekorzystne warunki oświetleniowe w miastach są bowiem po zasoleniu drugą główną przyczyną niewłaściwego wzrostu i funkcjonowania zbiorowisk trawiastych. Parametr F_o jest określany, gdy wszystkie centra reakcji są otwarte, a QA są w pełni utlenione. Obserwowany wzrost wartości parametru F_o tłumaczy się utratą centrów reakcji PSII i ich inaktywacją oraz wyższą zawartością chlorofilu w cieniu. Parametr F_m jest mierzony, gdy wszystkie centra reakcji są zamknięte. Ten parametr pokazał trend podobny do F_o , a to wskazuje na silną korelację obu parametrów w liściach roślin przy różnym traktowaniu światłem. Tendencje w zmianach obu parametrów sugerują występowanie aklimatyzacji roślin do zacienienia, która ewoluowała, aby zmaksymalizować wychwytywanie światła w niekorzystnych warunkach świetlnych. Zmienna fluorescencja (F_v) to różnica między wartością parametrów fluorescencji F_m i F_o . Niskie wartości tego parametru świadczą o niskiej aktywności PSII i rozpraszaniu energii wzbudzenia w postaci ciepła. F_v/F_m jest wiarygodnym parametrem do oceny aktywności fotochemicznej PSII, a w warunkach bez stresu powinien być bliski 0,83. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia w żaden sposób nie potwierdziły silnej korelacji między tym parametrem a poziomem zacienienia. Wyniki wykazały, że zakłócenia funkcji PSII można łatwo oszacować, mierząc fluorescencję chlorofilu i analizując ten sygnał za pomocą testu JIP. Doświadczenie pozwoliło zidentyfikować różne parametry ograniczające efektywność fotosyntezy trawników całorocznych uprawianych w warunkach stresu. Wiedza ta może pozwolić na dobór roślin o wyższej potencjalnej witalności, które mogą być z powodzeniem stosowane w warunkach miejskich.

Alternatywą dla płaskich obszarów trawników lub klombów w gęsto zabudowanych obszarach, zapewniającą poprawę jakości powietrza, korzyści dla lokalnego mikroklimatu, wartości estetycznych oraz ludzkiego zdrowia i dobrego samopoczucia są tak zwane ogrody wertykalne. Stworzenie nowej konstrukcji pionowego ogrodu na ścianie istniejącego budynku wymaga szczególnej uwagi. W swojej działalności przyczyniłem się do opracowania konstrukcji do ogrodu pionowego przystosowanej do upraw hydroponicznych ozdobnych roślin zielnych. Budowa została zbudowana na ścianach południowych i północnych na budynku uniwersytetu w Lublinie.

W ciągu trzech kolejnych lat monitorowano konstrukcję ogrodu wertykalnego, systemu dostarczania składników odżywczych oraz rośliny. Wyniki wykazały, że zastosowana konstrukcja i system hydroponiczny działały dobrze i były odporne na warunki klimatyczne przez cały rok.

Odnośniki do publikacji i opracowań 3.2.7; 3.2.9; 3.2.16; 3.2.24; 3.2.27; 3.2.28; 3.2.34; 3.2.35; 3.2.41; 3.2.44; 3.2.48; 3.2.50; 3.2.60; 3.4.1; 3.4.3; 3.4.4; 3.4.5; 3.4.7; 3.4.10; 3.4.12; 3.5.1; 3.6.12; 3.10.3

IV. PUBLIKACJE ORAZ CYTOWANIA

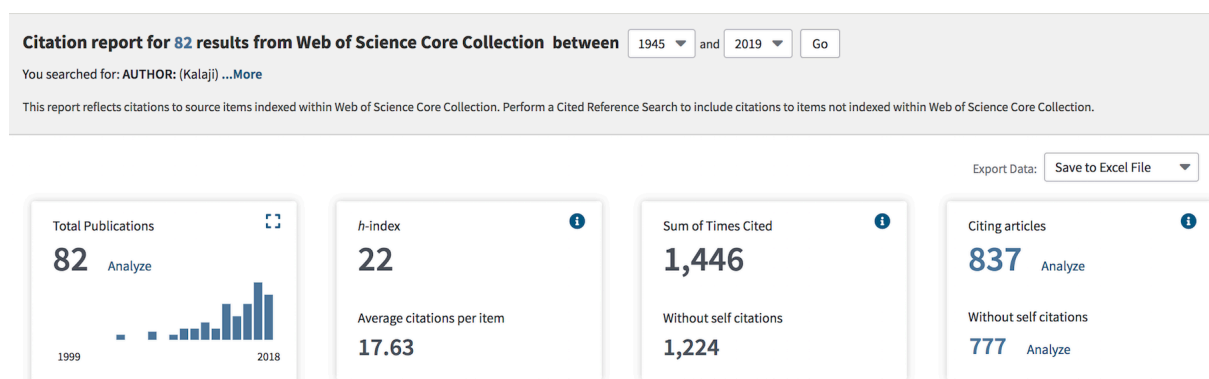
1) Dane bibliometryczne

Suma Punktów MNiSW: 2835.22 (obecnie pond 3100 pkt.)

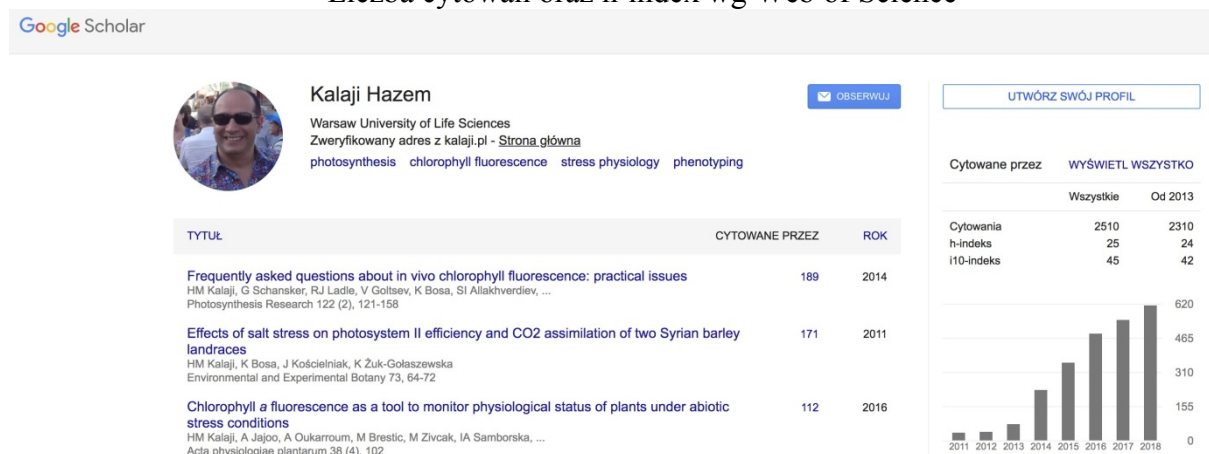
Sumaryczny Współczynnik Wpływu Impact Factor (IF): 186.353 (obecnie pond 200)

Index H. (Hirscha): 22 (obecnie 23)

Liczba cytowań Wg ISI Web of Science: 1224 (obecnie 1324)



Liczba cytowań oraz h-index wg Web of Science



Liczba cytowań oraz h-index wg Google Scholar

Author details

Kalaji, Hazem M.

Follow this Author

Institute of Technology and Life Sciences, Poland
Author ID: 6504454079

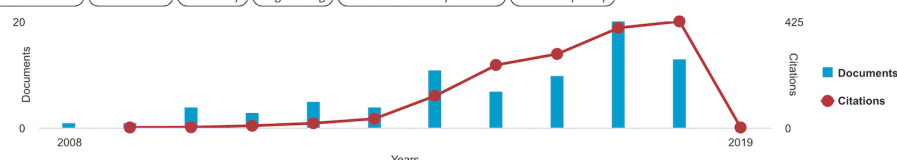
View potential author matches

id <http://orcid.org/0000-0002-3833-4917>

Other name formats: Kalaji, H. M. Kalaji, Hazem M. Kalaji, Hazem Mohamed Kalaji, Hazem

Subject area: Agricultural and Biological Sciences Biochemistry, Genetics and Molecular Biology Environmental Science Medicine Physics and Astronomy Materials Science Health Professions Mathematics Chemistry Engineering Earth and Planetary Sciences Multidisciplinary View all

Document and citation trends:



Get citation alerts Add to ORCID Request author detail corrections Export profile to SciVal

81 Documents Cited by 892 documents 150 co-authors Author history

2) Publikacje przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

Rodzaj publikacji	Jako pierwszy autor	Jako drugi autor	Jako trzeci i dalszy autor	Razem
1. Oryginalne prace twórcze (a+b)	14	12	9	35
a) w czasopismach z bazy JCR				16
w języku angielskim	7	7	2	16
w języku polskim lub innym				0
b) w czasopismach z spoza bazy JCR				19
w języku angielskim	1	3	3	7
w języku polskim lub innym	6	2	4	12
2. Podręczniki i monografie	3	0	1	4
w języku angielskim				0
w języku polskim lub innym	3		1	4
3. Rozdziały w monografiach	2	2	8	12
w języku angielskim	2	2	3	7
w języku polskim lub innym			5	5
4. Inne publikacje (a+b)	5	0	0	5
a) komunikaty i doniesienia naukowe				0
w języku angielskim				0
w języku polskim lub innym				0
b) publikacje popularno-naukowe				5
w języku angielskim				0

w języku polskim lub innym	5			5
5. Niepublikowane opracowania				0
Ogółem (1+2+3+4+5)	24	14	18	56

3) Publikacje po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego

Rodzaj publikacji	Jako pierwszy autor	Jako drugi autor	Jako trzeci i dalszy autor	Razem
1. Oryginalne prace twórcze (a+b)	12	17	61	90
a) w czasopismach z bazy JCR				61
w języku angielskim	11	11	37	59
w języku polskim lub innym			2	2
b) w czasopismach z spoza bazy JCR				29
w języku angielskim	1	4	15	20
w języku polskim		2	7	9
2. Podręczniki i monografie	1	1	0	2
w języku angielskim	1	1		2
w języku polskim lub innym				-
3. Rozdziały w monografiach	2	1	5	8
w języku angielskim	2		3	5
w języku polskim lub innym		1	2	3
4. Inne publikacje (a+b)	0	0	0	0
a) komunikaty i doniesienia naukowe				0
w języku angielskim				0
w języku polskim lub innym				0
b) publikacje popularno-naukowe				0
w języku angielskim				0
w języku polskim lub innym				0
5. Niepublikowane opracowania				0
Ogółem (1+2+3+4+5)	15	19	66	100

4) Liczba publikacji łącznie (przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego)

Rodzaj publikacji	Jako pierwszy autor	Jako drugi autor	Jako trzeci i dalszy autor	Razem
1. Oryginalne prace twórcze (a+b)	26	29	70	125

a) w czasopismach z bazy JCR				77
w języku angielskim	18	18	39	75
w języku polskim lub innym	0	0	2	2
b) w czasopismach z spoza bazy JCR				48
w języku angielskim	2	7	18	27
w języku polskim	6	4	11	21
2. Podręczniki i monografie	4	1	1	6
w języku angielskim	1	1	0	2
w języku polskim lub innym	3	0	1	4
3. Rozdziały w monografiach	4	3	13	20
w języku angielskim	4	2	6	12
w języku polskim lub innym	0	1	7	8
4. Inne publikacje (a+b)	5	0	0	5
a) komunikaty i doniesienia naukowe				0
w języku angielskim				0
w języku polskim lub innym				0
b) publikacje popularno-naukowe				5
w języku angielskim				0
w języku polskim lub innym	5			5
5. Niepublikowane opracowania	0	0	0	0
Ogółem (1+2+3+4+5)	39	33	84	156*

**w tym 24 jako korespondencyjny autor*

Wskaźniki (Łącznie)

Okres	Liczba publikacji	Sumaryczny IF	Suma punktów
Przed habilitacją	56	34.083	683.22
Po habilitacji	100	152.27	2152.00
RAZEM	156	186.353	2835.22

V. Udział w grantach naukowych: Jak w pkt. 3) Wykaz zrealizowanych projektów naukowo-badawczych krajowych, europejskich i innych międzynarodowych.

VI. Współpraca z ośrodkami badawczymi

W ramach swojej działalności naukowej staram się zdobywać jak najszerszą wiedzę i doświadczenie, jednocześnie w jak największym stopniu dzieląc się swoją. W związku z tym wielokrotnie podejmowałem współpracę i wymianę doświadczeń wraz z transferem wiedzy z wieloma prestiżowymi światowymi organizacjami i uczelniami. Są to:

1) Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

- Uniwersytet Agroekologiczny, Zhytomyr, Ukraina
- Instytut Zasobów Naturalnych i Badań Środowiska /Kacst Herbarium, King Abdulaziz City for Science and Technology, Riyadh, Arabia Saudyjska
- Katedra Biologii, Wydziału Nauk Przyrodniczych, University of Hacettepe, Ankara, Turcja
- Katedra Fizjologii Roślin, Slovak Agricultural University, Nitra, Słowacja
- Laboratorium Bioenergetyki, University of Geneva, Genewa, Szwajcaria
- ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas), Aleppo, Syria
- Zakład Botaniki, Bareilly College, Bareilly, Indie
- Wydział Biotechnologii Rolnej, Florencja, Włochy
- Wydział Rolnictwa, USAMV, Cluj–Napoca, Rumunia
- Universidade de Aveiro, CESAM Center for Environmental and Marine Studies, Portugalia

2) Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego

- Environmental Institute of Scientific Networks EISN-INSTITUTE, Niemcy
- Wydział Rolnictwa, Tanta University, Egipt
- Instytut Nauk Biologicznych i o Zdrowiu, Federal University of Alagoas, Brazylia
- Instytut Fizjologii Roślin, Rosyjskiej Akademii Nauk, Moskwa, Rosja
- Instytut Podstawowych Problemów Biologicznych, Rosyjskiej Akademii Nauk, Pushchino, Rejon moskiewski, Rosja
- Katedra Biofizyki i Radiobiologii, Wydziału Biologii, St. Kliment Ohridski University of Sofia, Bułgaria
- Wydział Ogrodniczy, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Valencia, Hiszpania
- Katedra Rolnictwa, Żywności i Środowiska Via del Borghetto, Piza, Włochy
- Plant Lighting BV, Bunnik, Holandia
- Szkoła Nauk o Życiu, Devi Ahilya University, Indore, Indie
- Wydział Nauk o Życiu i Biotechnologii, University of Ferrara, Ferrara, Włochy
- Centrum Nauk o Życiu, Central University of Jharkhand, Ranchi, Indie
- Wydział Produkcji Roślinnej, Universitat Politècnica de València, Valencia, Hiszpania

- Dział Biologii, CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugalia
- Zarząd Badań nad Olejem Palmowym, Andhra Pradesh, Indie
- Katedra Biologii, Roanoke College, Salem, USA
- Instytut Fizjologii Roślin, INFIVE (Universidad Nacional de La Plata – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), La Plata, Argentyna
- Wydział Biologii Roślin University of Illinois, Urbana-Champaign, USA
- Wydział Chemii i Biochemii, University of Quebec, Montreal, Kanada
- Instytut Biologii Roślin, Biological Research Center of the Hungarian Academy of Sciences, Szeged, Węgry

VII. Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Niezwykle istotne dla mnie jest, aby moje badania naukowe poza aspektem poznawczym miały zastosowanie w unowocześnianiu rolnictwa, popularyzowaniu wiedzy, polepszaniu warunków życia mieszkańców wsi i miast. Z tego powodu współpracuję z wieloma prywatnymi przedsiębiorcami, które są zainteresowane wdrożeniem w swojej działalności nowoczesnych rozwiązań zwiększających ich konkurencyjność i innowacyjność. Poniżej wymieniam nazwy firm wraz z rolą, którą w nich pełniłem/pełnię oraz z podaniem zastosowań wiedzy naukowej w praktyce.

1) Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

- Przedstawicielstwo naukowe - rola: badania naukowo-rozwojowe w kierunku tworzenia i ulepszenia aparatury naukowo-badawczej z zakresu biologii i fizjologii roślin (opracowanie prototypów oraz pomoc techniczna) w firmach zagranicznych.
- Firma Zielona Architektura (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego murawy na Stadionie Narodowym w Warszawie, za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu. Przygotowanie do Mistrzostwa Europy w Piłce Nożnej 2012.
- Firma Avgust Crop Protection Company (Ukraina). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu.
- Firma COOLEX Libner – Brzostowski Company (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego owoców za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu (sady SGGW).

2) Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego

- Przedstawicielstwo naukowe - rola: badania naukowo-rozwojowe w kierunku tworzenia i ulepszenia aparatury naukowo-badawczej z zakresu biologii i fizjologii roślin (opracowanie prototypów oraz pomoc techniczna) w firmach zagranicznych.
- Firma AB System (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin ogrodów wertykalnych za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu.
- Firma Headwall (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin za pomocą dronów.
- Firma Fly & Watch (Polska). Monitorowanie stanu fizjologicznego roślin za pomocą dronów.
- Firma Bobus Lab. Sp. z o.o. Pacanowice (Polska). Bioniczna szklarnia- standaryzacja procesów oświetlania roślin w uprawie pod osłonami z uwzględnieniem zapotrzebowania roślin na składniki mineralne, H₂O i CO₂.
- Firma „Lafoge” Wiesław Ksztoń (Polska). Nowoczesne opracowanie oświetlenia w szklarniach bazujące na pomiarze fluorescencji chlorofilu.
- Firma Norbert Kochanowski”. Opracowanie systemu biologicznego sprzężenia zwrotnego do kontroli jakości i intensywności światła optymalnych dla roślin.
- Firma Clean World Energy Systems (Polska). Kompleksowa technologia CHP, P2G & P2P, Nowa era w energetyce, chemii i ochronie środowiska naturalnego.
- Firma IQGarden (Polska). Opracowanie zdalnego systemu monitorowania roślin do projektu Polskiej Zielonej Ściany (PZŚ) w systemie IQ GARDEN dla budynku Rotundy Banku PKO BP SA w Warszawie przy Rondzie Dmowskiego.

3) Wdrożenia technologii, konstrukcji, procesów, rozwiązań oraz procedur

Nowatorski zdalny system monitorowania stanu fizjologicznego roślin „iPlant” opracowany w ramach projektu Inkubator Innowacyjności + (SGGW w Warszawie). Produkt jest w postaci prototypu. Poziom TRL jest IV. Zgłaszany przedmiot komercjalizacji jeszcze nie posiada ochrony praw własności intelektualnej. Nie był zgłoszony w polskim urzędzie patentowym lub w zagranicznym. Przedmiot komercjalizacji nie jest chroniony z uwagi na wykorzystanie narzędzi informatycznych "Open Source" i zastosowanie handlowych (dostępnych na rynku) przetworników obrazu. iPlant to bezinwazyjny system monitorowania kondycji roślin bazujący na danych metabolicznych pochodzących bezpośrednio od nich. Powstał w odpowiedzi na potrzeby przedsiębiorstw (m. in. producentów warzyw pod osłonami w skali przemysłowej), np. firm „Lafoge” Wiesław Ksztoń, "Bobus" Borowiak Łukasz oraz „Norbert Kochanowski”, obiektów sportowych i in. Rozwiązania zastosowane w technologii iPlant przyczyni się

do rozwoju polskich firm i do zwiększenia ich przychodów, co stworzy możliwość ekspansji biznesowej.

Ponadto, system wspomaga opracowanie certyfikowanych systemów upraw roślin pod osłonami, zdolnych do konkurencji na rynkach międzynarodowych. Dodatkową korzyścią jest budowa kapitału ludzkiego poprzez zatrudnienie naukowców, specjalistów, diagnostów oraz ekspertów z zakresów zrównoważonej uprawy roślin, inteligencji roślin i ich wpływ na poprawę jakości i opłacalności upraw.

Ewentualne zastrzeżenie patentowe systemu może dać możliwość budowania sprzedaży poprzez produkcję własną oraz sprzedaż klientom zewnętrznym praw do korzystania z zastrzeżonych produktów w późniejszym okresie, po czasie ekspansji na rynku krajowym, umiędzynarodowienie marki iPlant.

VIII. Opieka naukowa nad doktorantami i osobami ubiegającymi się o nadanie stopnia doktora

Jak wyżej w pkt. 2.1 Doktoraty obronione

IX. Aktywne uczestnictwo w konferencjach – wygłoszenie referatów

Niezmiennie od wielu lat na każdym etapie swojej kariery naukowej uczestniczę aktywnie w konferencjach naukowych, które są dla mnie niepowtarzalną okazją do wymiany wiedzy i doświadczeń.

1) Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

W okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego wygłosiłem referaty na 27 konferencjach, w tym 25 w języku angielskim na konferencjach o zasięgu międzynarodowym.

2) Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego

W okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego wygłosiłem referaty na 27 konferencjach, w tym 17 w języku angielskim na konferencjach o zasięgu międzynarodowym.

X. Udział w ocenie projektów

1) Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

Od wielu lat jestem uznanym recenzentem w programach międzynarodowych i krajowych, finansujących projekty badawcze oraz badawczo rozwojowe, a także stypendialne. Na zlecenie

Komisji Europejskiej recenzowałem w latach 2008-2011 około 130 projektów w ramach różnych programów (Knowledge-Based Bio-Economy FP7- KBBE-2008, Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2008-IRSES, FP7-PEOPLE-2008-IEF-IIF-IOF, FP7-PEOPLE-2009-IRSES, FP7-PEOPLE-2010-IRSES, FP7-PEOPLE-2010-IEF-IIF-IOF, FP7-PEOPLE-2011-IRSES, FP7-PEOPLE-2011-IEF-IIF-IOF). W 2012 roku otrzymałem funkcję Vice Chair (Superrecenzent) i w ramach Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2012-IEF-IIF-IOF, panel Environment, byłem odpowiedzialny za recenzję ponad 50 projektów. W latach 2006-2011 recenzowałem również 2 projekty badawcze dla Czech Science Foundation (GA CR), 2 dla Slovak Research and Development Agency (APVV), 1 na zlecenie South Moravian Centre for International Mobility (SoMoPro Programme), 1 dla Polsko-Norweskiego Funduszu Badań Naukowców, 8 dla egipskiego Science and Technological Development Fund (STDF) i 6 w ramach greckiego programu zlecanego przez COOPERATION 2011 - Partnerships of Production and Research Institutions in Focused Research and Technology Sectors - Hellenic Republic Ministry of Education, Lifelong Learning & Religious Affairs Special Agency. Recenzowałem również w sumie 16 projektów badawczych i badawczo rozwojowych w POIG dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

2) Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego

Jako naukowiec z tytułem doktora habilitowanego recenzowałem w latach 2013-2018 łącznie ponad 460 projektów badawczych, badawczo rozwojowych i stypendialnych. Na zlecenie Komisji Europejskiej pełniłem funkcję Vice Chair (Superrecenzent) byłem odpowiedzialny za ostateczny kształt recenzji 410 projektów w ramach programów: Marie Curie Individual fellowships FP7-PEOPLE-2012-IEF-IIF-IOF (panel Environment), HORIZON 2020 H2020-MSCA-IF-2014, HORIZON 2020 H2020-MSCA-IF-2015 European & Global Fellowships, H2020-MSCA-IF-2016 European & Global Fellowships, H2020-MSCA-IF-2017 European & Global Fellowships. Ponadto byłem recenzentem 43 projektów na zlecenie Komisji Europejskiej (The Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme FP7-PEOPLE-2013-IRSES, Marie Curie Career Integration Grants (CIG), Human Resources Strategy for Researchers (HRS4R), Erasmus Mundus Joint Master Degrees (EMJMD) applications- 2018-EAC/A05/2017). Ocenilem łącznie 8 projektów dla Slovak Research and Development Agency (APVV) i The Investment and Development Agency of Latvia. Spośród krajowych jednostek recenzję 13 projektów w ramach programów: II Konkursu GEKON i badań stosowanych PBS, wykonałem na zlecenie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

XI. Otrzymane nagrody oraz wyróżnienia

Jak wyżej w pkt. 6. Informacja o otrzymanych nagrodach oraz wyróżnieniach za osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i artystyczne.

E. OSIĄGNIĘCIA W ZAKRESIE DYDAKTYKI, OPIEKI NAUKOWEJ i KSZTAŁCENIA MŁODEJ KADRY

I. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego

1) Prowadzone przedmioty

W ramach pracy dydaktycznej prowadziłem przedmioty zarówno dla studentów Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW (kierunek Rolnictwo i Biologia), ale również dla studentów kierunku Ogrodnictwo na Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW. Było to 6 różnych przedmiotów. Prowadziłem również przedmioty w języku angielskim, które były przeznaczone dla studentów wymiany zagranicznej w ramach programu Erasmus. Było to 5 przedmiotów.

a. w języku polskim dla studentów kierunków Biologia, Rolnictwo i Ogrodnictwo

- Fizjologia roślin
- Biologia plonowania i postęp biologiczny
- Fizjologia roślin z biochemią
- Zastosowanie nowoczesnej skomputeryzowanej aparatury w badaniach fizjologicznych roślin i w naukach rolniczych
- Fizjologia plonowania
- Postęp biologiczny i biologia plonowania

b. w języku angielskim dla studentów programu Erasmus

- Physiology of plants and its production under climate change
- The use of computerized and portable instruments in the field of agriculture and biological researches
- Photosynthetic crop productivity under unfavourable environmental conditions
- Energy crops: a renewable energy source
- Climate change impacts on plant growth and crop yield

2) Publikacje dydaktyczne:

Jestem głównym autorem (90% udziału), wydanego w 2009 roku, podręcznika akademickiego pt. „Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin”. Wznowienie tego podręcznika ukazało się w 2010 roku.

3) Opieka naukowa nad studentami

W czasie pracy na Wydziale Rolnictwa i Biologii SGGW, do czasu uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego byłem opiekunem 9 prac magisterskich i 10 prac licencjackich lub inżynierskich wykonanych na Wydziale Rolnictwa i Biologii

a. prace magisterskie

- Reakcje aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny. Agnieszka Rutkowska. Kierunek Rolnictwo, specjalność Agronomia i Agrobiznes, 2003.
- Wpływ pokroju i masy rizomów na wzrost, rozwój i plonowanie roślin miskanta. Barbara Wawryło. Kierunek Biologia, specjalność Biologiczne Podstawy Ochrony Środowiska, 2003.
- Wymiana gazowa jednoliściennych i dwuliściennych roślin o mechanizmie fotosyntezy C_3 i C_4 w różnych warunkach środowiska. Marcin Żebrowski. Kierunek Rolnictwo, specjalność Ochrona Środowiska, 2003.
- Zawartość chlorofilu i plon ziarniaków roślin tradycyjnych i półkarłowych form pszenżyta i pszenicy. Renata Kacprzak-Pacan. Kierunek Rolnictwo, specjalność Ochrona Środowiska, 2005.
- Reakcje aparatu fotosyntetycznego na niedobór wybranych składników mineralnych u jęczmienia jarego. Anna Bartosik. Kierunek Rolnictwo, specjalność Agronomia i Agrobiznes, 2006.
- Wpływ efektywnych mikroorganizmów na strukturę i funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego *Arabidopsis thaliana* w warunkach stresu solnego i suszy. Katarzyna Siudak. Kierunek Rolnictwo, 2008.
- Efektywność wykorzystania wody u roślin rzodkiewki w warunkach niedoboru potasu lub siarki. Adam Stabiński. kierunek – Biotechnologia, 2017
- Wymiana gazowa roślin rzodkiewki rosnących w warunkach niedoboru siarki lub potasu. Adam Chmielewski. kierunek – Biotechnologia, 2017
- Estimation of green walls-vertical gardens plants performance using non-invasive methods. Sezen Ulaş. Kierunek – Ochrona Środowiska, 2018

b. prace inżynierskie

- Funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego zbóż w niesprzyjających warunkach środowiska. Agnieszka Grochowska. Kierunek: Rolnictwo, 2007.
- Fotoinhibicja aparatu fotosyntetycznego roślin zbożowych w warunkach stresu abiotycznego. Katarzyna Siudak. Kierunek Rolnictwo, 2007.
- Effective microorganism influence on photosynthetic activity of Arabidopsis plant grown under salinity stress conditions. Alejandra Jimenez Lacasa. Socrates/Erasmus student exchange, Universidad de Castilla-La Mancha, 2007/2008.
- Wpływ podwyższonego stężenia CO₂ i natężenia światła na wzrost i rozwój hortensji ogrodowej (*Hydrangea macrophylla*). Marta Gruca. Kierunek Ogrodnictwo, 2008.
- Drought effects on Photosynthetic activity of Arabidopsis plants. Da. Silvia Pérez Santero. Socrates/Erasmus student exchange, Universidad Politecnica de Valencia Escuela Tecnica Superior del Medio Rural y Enologia, 2008.
- Effective microorganism impact on photosynthetic activity of Arabidopsis plants. Inci Şahin. Socrates/Erasmus student exchange Akdeniz University, 2008
- The effect on natural green fertilizer on photosynthetic activity of tomato seedlings. Osman Tasa. Socrates/Erasmus student exchange, Cukurova University, 2008
- Inhibition of photosynthesis at photosystem II caused by Tolkan herbicide on barley seedlings. Miyesser Aycan. Socrates/Erasmus student exchange, Anadolu University, 2008.
- Water stress effects on gas exchange of local Romanian tomato variety Salaj. Natasa Matis. /Erasmus student exchange, Agricultural Science and Veterinary Medicine University, 2011.
- Measurements of different parameters related to monitoring of seasonal changes (from May to July) of water quality in a pond in Warsaw City. Marine Skonieczny. Erasmus student exchange, Ecole, Nationale Du Genie De L'eau et De L'environnement De Strasbourg, 2012.

4) Opracowania ramowych programów

Brałem udział w opracowaniu ramowych programów następujących przedmiotów:

- Fizjologia plonowania roślin dla kierunku Biotechnologia i Biologia,
- Biologia plonowania dla kierunku Rolnictwo,
- fakultatywnych przedmiotów Wybrane aspekty ekofizjologii roślin dla kierunku Biologia i Fizjologiczne podstawy modelowania roślin dla kierunku Rolnictwo.

W ramach projektu „Program unowocześnienia kształcenia w SGGW dla zapewnienia konkurencyjności oraz wysokiej kompetencji absolwentów”, finansowanego w ramach Programu

Operacyjnego Kapitał Ludzki (POKL) oraz współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego (KSI-POKL.04.01.01.-00-232/08-0) współtworzyłem program i system nauczania oparty na **e-learningu**, wprowadzony w roku akademickim 2009/2010 w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Byłem autorem rozdziału, w którym przedstawiono przebieg procesu fotosyntezy w roślinach wyższych.

Brałem udział w tworzeniu projektu **Centrum Biologii Doświadczalnej przy Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego**. Mój wkład polegał na zaplanowaniu wyposażenia Pracowni Produktowności Roślin w nowoczesną i skomputeryzowaną aparaturę kontrolno-pomiarową. W skład tej Pracowni będą wchodzić podjednostki: pracownia wymiany gazowej i fluorescencji chlorofilu roślin, pracownia analizy architektury roślin i łanu, pracownia fizjologii wzrostu i rozwoju roślin oraz pracownia badań ekologicznych.

5) Pobyty za granicą jako wykładowca (wykłady i seminaria)

W ramach programu Socrates/Erasmus (LLP-Erasmus programme individual teaching programme for teaching staff mobility) przeprowadziłem wykłady w języku angielskim w 10 ośrodkach akademickich wymienionych poniżej:

- Slovak University of Agriculture w Nitrze na Słowacji (2005/2006, 10-18.02.2006),
tytuł wykładu: Stress physiology and PSII function.
- Corvinus University of Budapest w Budapeszcie na Węgrzech (2005/2006, 2-9.05.2006),
tytuły wykładów: The use of computerized instruments in the field of agricultural researches; Chlorophyll a fluorescence as a tool to identify stress state in plants; JIP test: analyzing chlorophyll a fluorescence signals; How to make successful seminar or presentation?
- Czech University of Agriculture w Pradze w Czechach (2006/2007, 14-21.01.2007),
tytuł wykładu: Photosynthesis and plant production.
- Copenhagen University w Kopenhadze w Danii (2006/2007, 11-18.02.2007),
tytuły wykładów: Photosynthesis and chlorophyll fluorescence; Plant gas exchange.
- Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca w Rumunii (2007/2008, 13-20.10.2007),
tytuł wykładu: The use of portable and computerized instruments in the field of agricultural and biological researches.
- Pisa University, Piza we Włoszech (2010/2011, 29.11.2010),
tytuł wykładu: Chlorophyll a fluorescence as a tool to identify stress state in plants.
- University of Florence, Florencja we Włoszech (2010/2011, 30.11.2010),
tytuł wykładu: Chlorophyll a fluorescence as a tool to identify stress state in plants.

- Slovak University of Agriculture in Nitra, Słowacja (2010/2011, 25.04.2011 – 30.04.2011),
tytuł wykładu: Chlorophyll a fluorescence as a tool to identify stress state in plants.
- Universidade de Aveiro, CESAM Center for Environmental and Marine Studies, Portugalia
(2011/2012, 22-27.05.2012),
tytuł wykładu: The application of chlorophyll fluorescence as tool for monitoring
photosynthetic activity of sea slugs.

W roku 2012 otrzymałem również stanowisko: Senior Guest Professor w Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, China. Pobyt odbywał się w ramach program wymiany międzynarodowej International Partnership Program for Creative Research Team wspieranej przez CAS/SAFEA. W ramach tego pobytu wprowadziłem liczne seminaria i wykłady dla studentów i pracowników instytutu.

II. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego.

1. Prowadzone przedmioty

W ramach pracy dydaktycznej prowadziłem przedmioty zarówno dla studentów Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW (kierunek Rolnictwo i Biologia), ale również dla studentów kierunku Ogrodnictwo na Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW. Było to 5 przedmiotów. Prowadziłem również przedmioty w języku angielskim, które były przeznaczone dla studentów wymiany zagranicznej w ramach programu Erasmus. Było to 6 przedmiotów.

a. w języku polskim dla studentów kierunków Biologia, Rolnictwo i Ogrodnictwo

- Fizjologia Roślin,
- Plonowanie roślin
- Zastosowanie nowoczesnej aparatury
- Zastosowanie nowoczesnych technik badawczych w rolnictwie i biologii
- Techniki pomiaru procesów życiowych roślin

b. w języku angielskim dla studentów programu Erasmus

- Photosynthetic crop Productivity under unfavourable environmental conditions
- Physiology of plants and its production under climate changes
- Climate Change impacts on plant growth and crop yield
- Energetic plants: a renewable energy source
- Sensors indices and bioindicators for agriculture and biology

- The use of computerized and portable instruments in the field of agriculture and biological researches

F. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ W DZIAŁALNOŚCI ORGANIZACYJNEJ

I. Przeprowadzone seminaria naukowe

Jak wyżej w pkt. V. 1 Informacja o osiągnięciach i dorobku dydaktycznym i popularyzatorskim; Przeprowadzone lub prowadzone wykłady i seminaria naukowe

II. Przynależność do organizacji, stowarzyszeń i komitetów redakcyjnych

Jak wyżej w pkt. F. 2. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ W DZIAŁALNOŚCI ORGANIZACYJNEJ

III. Aktywny udział w imprezach popularyzujących naukę, kulturę oraz sztukę

Począwszy od 1990 roku aż do dnia dzisiejszego wielokrotnie brałem aktywny udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych. Przez cały okres mojej kariery naukowej łącznie było to 11 konferencji, z czego 2 z nich były konferencjami krajowymi, a 9 konferencjami o zasięgu międzynarodowym. Odbywały się one w Europie, ale również w Rosji i w krajach azjatyckich.

IV. Organizacja seminariów i warsztatów naukowych

Od roku 2000 do 2017 zorganizowałem 18 seminariów i warsztatów naukowych. Niektóre z nich odbywały się w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego SGGW w Warszawie, a zaproszonymi przeze mnie wykładowcami byli zarówno naukowcy polscy jak i ze świata. Były to głównie wydarzenia naukowe, ale również popularyzujące naukę.