

Biuletyn Informacji Publicznej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego

Adres artykułu: <https://bip.sggw.edu.pl/arttykul/rosliny-sa-bardzo-wazne-i-bardzo-niedoceniane>

Rośliny są bardzo ważne i bardzo niedoceniane



NAJCZĘŚCIEJ CYTOWANI
NAUKOWCY NA ŚWIECIE

prof. dr

STANISŁAW KARPIŃSKI

INSTYTUT BIOLOGII SGGW

Energ
zami
tego
do pr
proce
mech
kom
w mr

Rozmowa z prof. dr. Stanisławem Karpińskim z Katedry Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Instytutu Biologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie - o nauce, SGGW oraz znalezieniu się w gronie najczęściej cytowanych naukowców na świecie wg rankingu przygotowanego przez Stanford University we współpracy z wydawnictwem Elsevier.

- Panie Profesorze, jaki jest zakres Pana badań naukowych?

- Zajmuję się fizjologią molekularną i biofizyką roślin. Badam komórkowe mechanizmy śmierci komórki, molekularne regulatory tej śmierci oraz retroaktywne sygnały z

chloroplastów, czyli retroaktywną regulację fotosyntezy i wszelkich procesów związanych z tą regulacją.

Ujmując krótko, regulacja fotosyntezy i regulacja absorpcji energii i asymilacji dwutlenku węgla istotnie wpływa na wzrost i rozwój rośliny, w tym na rozwój ściany komórkowej. Zajmujemy się regulacją rozwoju ściany komórkowej i transgenicznie zmieniamy jej strukturę w taki sposób, żeby na przykład ściana komórkowa stała się bardziej podatna do hydrolizy i produkcji biopaliw drugiej generacji. Na ten temat mamy już publikacje, a także patenty. Jesteśmy również w trakcie badań tego, w jaki sposób rośliny regulują temperaturę swoich organów, głównie liści.

- Dlaczego zajął się Pan nauką?

– Od dziecka interesowałem się przyrodą i elektrycznością. Bardzo fascynował mnie świat roślin, fotosynteza i sposób w jaki rosną. Musimy zdać sobie sprawę, że to fotosynteza tlenowa, oparta na rozczepieniu cząsteczki wody do tlenu, elektronów i protonów, stworzyła możliwość tego, że atmosfera tlenowa została zbudowana przez miliardy lat, że rozwinęło się w ogóle życie tlenowe i że powstał my i zwierzęta. Tlen, który mamy zgromadzony w atmosferze czy rozpuszczony w wodach to jest tlen wytworzony w ogromnej większości w fotosyntezie. Innym mechanizmem powstania tlenu jest proces fotolizy wody pod wpływem np. twardego promieniowania UV.

Rośliny są bardzo ważne i bardzo niedoceniane. Dzieje się tak, dlatego że świat zachodni i nawet świat daleko wschodni ma obecnie dostatek żywności. W tej chwili strefy głodu znajdują się w Afryce subsaharyjskiej i na bliskim wschodzie. Aż około 1,5 miliarda ludzi jest zagrożonych głodem bądź głoduje. My nie żyjemy w strefach zagrożenia. Niestety ludzie nie zdają sobie z tego sprawy, że to może się zmienić, a produkcja roślinna i fotosynteza utrzymująca całość naszego życia może zostać zachwiana i poważnie ograniczona na skutek przegrzania ziemi i globalnych konfliktów wojennych.

Dwie trzecie produkcji roślinnej jest przeznaczona dla zwierząt, czyli do ich utrzymywania i produkcji mięsa, mleka, jaj i nabiału. A jedna trzecia jest przeznaczona do bezpośredniej konsumpcji przez ludzi. Ale kiedy przyjdzie czas, że roślin zabraknie, a zmiany klimatu prowadzą ku temu, będzie już za późno.

Do tego, pojawiają się nowe choroby pandemiczne, jak rdza brunatna pszenicy (TTTTF), które od 2017 r. są już w Europie. Przebiły barierę Morza Śródziemnego i przedostały się z Afryki. A jeśli taki grzyb wejdzie na pole pszenicy, to z pola nic nie

zostanie do zebrania. Choroby roślinne również mutują. Pojawiają się nowe, na które nie mamy wpływu. Należy przypomnieć zarazę ziemniaczaną, która doprowadziła do śmierci olbrzymiej liczby ludzi. O tym należy pamiętać.

- Nad czym aktualnie Pan Profesor pracuje?

- Aktualnie pracujemy nad mechanizmami molekularnymi, biofizycznymi i biochemicznymi regulacji temperatury u roślin. To jest kolejny niedoceniany temat w biologii. Jesteśmy pionierami w świecie tych badań. Śmiem twierdzić, że jesteśmy jedynym laboratorium, które na tak zaawansowanym poziomie bada ten proces. Badania związane są z regulacją fotosyntezy, której mechanizm zaczyna się od absorpcji fotonu. To oznacza, że porcja energii (kwant) jest absorbowana przez chlorofil odpowiednio umieszczony w antenach absorbujących światło, a po absorpcji energia jest rozdzielona natychmiastowo (kwantowo) na trzy kanały: fluorescencji, ciepła i fotochemii. Tylko mała porcja z tej zabsorbowanej energii przeznaczona jest na fotochemię, czyli na produkcję tlenu i fotosyntezę. Większość zaabsorbowanej energii jest od razu wypromieniowywana pod postacią ciepła i fluorescencji chlorofilu. Im większe natężenie światła i temperatura otoczenia, tym więcej zaabsorbowanej energii jest natychmiastowo wypromieniowywane. Aby to zilustrować, liść dębu w cieniu w lecie w południe będzie miał temperaturę zbliżoną do temperatury powietrza, ale gdy słońce wyjdzie zza chmury jego temperatura w kilka sekund wzrośnie o 12-15 stopni C ponad temperaturę otaczającego powietrza. Kiedy elektrony magnezu cząsteczek chlorofilu zostaną wzbudzone poprzez absorpcję kwantu światła to mają szereg dozwolonych kwantowo możliwości powrotu ze stanu wzbudzonego do stanu stacjonarnego. Oddają tę energię w porcjach, przechodząc przez różne dozwolone stany kwantowe, oddają energię pod postacią fluorescencji ($\lambda = 672 \text{ nm}$), ciepła czy rezonansu elektronów.

Duża część zaabsorbowanej energii jest oddawana pod postacią ciepła. To ciepło musi być wygaszone i rozproszone. To kontroluje mechanizm nefotogenicznego wygaszania energii wzbudzenia. Mechanizm ten polega na regulacji konformacji anten absorbujących światło, który zależy od cyklu ksantofilowego, czyli konformacji karetonoidów. W zależności od tej konformacji supramolekularnej (cząsteczkowej), czyli tego czy te anteny są bliżej centrum reakcyjnego np. P680 czy dalej, oddają mniej lub więcej ciepła i fluorescencji. A te anteny to są białka, które wiążą cząsteczki chlorofilu. Mają wygląd lejka z bardzo krótkim odpływem, gdzie wewnątrz lejka spiralnie ułożonych jest ponad 30 cząsteczek chlorofilu, a koniec tej spirali jest w ujściu lejka.

Fotosynteza jest uruchamiana przez rozczepienie ładunku elektrycznego na błonie tylakoidów wewnątrz chloroplastów. Częsteczka chlorofilu w centrum reakcyjnym P680 w fotosystemie II musi utracić dwa elektrony i przekazać je na przeciwną stronę membrany lipidowej tylakoidu do chinonu A. W ten sposób centrum reakcyjne P680 uzyskuje ładunek dodatni (+2) po jednej stronie membrany, a chinon A uzyskuje ładunek ujemny (-2) po drugiej stronie membrany, tak jak w elektrycznym kondensatorze czy w baterii. Potencjał elektryczny dwóch fotosystemów sięga 1,2 V i to ta różnica potencjałów elektrycznych umożliwia rozkład cząsteczki wody do tlenu, protonów i elektronów i uruchamia fotosyntezę. Czyli żeby uruchomić fotosyntezę musi nastąpić rozczepienie ładunku elektrycznego na membranie tylakoidów. I to rozczepienie ładunku elektrycznego na membranie tylakoidów pod wpływem zaabsorbowanych fotonów napędza cały świat ożywiony. To rozczepienie ładunku elektrycznego nie tylko napędza fotosyntezę, ale umożliwia elektryczną komunikację wewnątrz komórkową, międzykomórkową i między organizmami roślinnymi. Dzięki temu rośliny komunikują się między sobą przy pomocy sygnałów elektrycznych i ten sygnał elektryczny reguluje konformację anten w obrębie liścia, całego drzewa czy krzewu i innych roślin stykających się fizycznie. Ten sygnał elektryczny razem z innymi sygnałami chemicznymi sieciowo reguluje fotosyntezę tj. jaką porcję w danym momencie i warunkach zaabsorbowanej energii przeznaczyć na fotochemię, a ile wypromieniować jako ciepło i fluorescencję.

Po co roślina absorbuje światło w nadmiarze, a tylko relatywnie mały procent używa do fotosyntezy? Kiedyś twierdzono, że reszta tej zaabsorbowanej energii i rozproszona jest nieużyteczna, wręcz szkodliwa. A my po 30 latach badań twierdzimy, że roślina nie może bez tego żyć. Ta energia zaabsorbowanych fotonów zamieniana na ciepło i wygaszanie tego ciepła jest potrzebna roślinie do przeprowadzania konkretnych procesów, na przykład do uruchomienia mechanizmu programowanej śmierci komórki, do podgrzania liści zimą czy w mroźny słoneczny dzień. Drzewa iglaste w lesie, w czasie zimy nie mogą prowadzić fotosyntezy, gdyż procesy enzymatyczne z powodu mrozów czy niskich temperatur są zahamowane. Ale absorpcja fotonów np. przez igły sosny zachodzi tak samo w temperaturze -30 stopni C, czy +20 stopni C. Tak zaabsorbowana energia musi ulec rozproszeniu pod postacią ciepła i fluorescencji w mechanizmie niefotochemicznego wygaszania zaabsorbowanej energii (ang. NPQ). Dlatego zimujące igły sosny czy świerków są bogate w witaminy: A, C, D, E, K, w luteinę i inne karotenoidy jak zeaksantyna. To one umożliwiają prawidłowe działanie mechanizmu NPQ, który rozprasza zaabsorbowaną energię pod postacią ciepła i fluorescencji. Ten mechanizm NPQ ewolucyjnie odziedziczyliśmy od organizmów fotosyntetyzujących w naszym ludzkim i zwierzęcym oku i mechanizmie widzenia. Również mechanizm widzenia (wzroku) nie będzie funkcjonował prawidłowo bez witaminy: A, E, C, bez luteiny czy zeaksantyny. I oko również wytwarza duże ilości

ciepła kiedy patrzymy na jaskrawe światło. Temperatura w lesie iglastym w słoneczny, zimowy i mroźny dzień jest wyższa niż temperatura w otwartym polu, ponieważ igły (liście) wystawione na słońce zamieniają zaabsorbowane światło na ciepło za pomocą mechanizmu NPQ. Szczególnie to widać na północy Skandynawii wiosną. Na ten temat napisałem m.in. moją pracę doktorską. Rośliny iglaste pod koniec zimy są bardzo „zmęczone” absorpcją energii w nadmiarze, ponieważ dostają za dużo światła (m.in. odbijanego od śniegu), a muszą nadal rozpraszać zaabsorbowaną energię bo mają ograniczoną fotosyntezę i wzrost. Dlatego ewolucja udoskonaliła to i z nagozalążkowych powstały okrytozalążkowe drzewa, które zrzucają liście na zimę i w ten sposób rozwiązują problem NPQ zimą.

- Jaki jest cel badań Pana Profesora?

- Uważa się, że fotosynteza tlenowa trwa na Ziemi od ok. 3,5 miliarda lat i z naszego punktu widzenia proces absorpcji energii w nadmiarze i jej rozpraszania pod postacią fluorescencji i ciepła jest energetycznie niekorzystny dla rośliny. Dowodem jest ewolucja roślin okrytozalążkowych z nagozalążkowych. Natomiast odkryliśmy i odkrywamy, jakie korzyści rośliny mają poprzez absorpcję energii w nadmiarze i dlaczego ewolucyjnie nadal utrzymują ten proces gdzie w skrajnych warunkach ponad 90% zaobserwowanej energii przeznaczają na ciepło i fluorescencję. I po co to ciepło jest im potrzebne. Innymi słowy, dlaczego rośliny mają mechanizm absorpcji energii w nadmiarze w stosunku do tego ile potrzebują na fotochemię, czyli na fotosyntezę. To jest pytanie podstawowe. Odkryliśmy, że absorpcja energii w nadmiarze jest konieczna dla indukcji mechanizmów aklimatyzacyjnych i obronnych u roślin. Odkryliśmy że nadmiar zaabsorbowanej energii jest w stanie zaindukować odporność wrodzoną na wiele chorób roślin. Odkryliśmy, że retrosygnaty z chloroplastów absorbujących energię w nadmiarze regulują podstawowy mechanizm programowanej śmierci komórki. Bez indukcji tego mechanizmu w niektórych komórkach roślina nie uzyskuje zwiększonej odporności na choroby czy stresy suszy glebowej czy stresy niedoboru dwutlenku węgla. Roślina może to regulować w jakimś fizjologicznym zakresie, w zależności od tego czy ma dostępny dwutlenek węgla i czy ma dostępną wodę. Roślina w czasie stresu suszy nie może pobrać wody a przez to nie może asymilować dwutlenku węgla, czyli nie może prowadzić fotosyntezy. W takim razie musi całą zaabsorbowaną energię rozpraszać pod postacią ciepła i fluorescencji a wtedy roślina zacznie włączać śmierć komórki. Czyli usychanie liści to nic innego jak molekularny mechanizm programowanej śmierci komórki – molekularny proces. Roślina włącza molekularny mechanizm śmierci komórki, żeby odrzucić te liście, które nie mogą transpirować i fotosyntetyzować. Celem jest przetrwanie komórek w stożkach

wzrostu, z których odtworzy wszystko – liście, korzenie, łodygi i kwiaty, kiedy nastaną korzystniejsze warunki. Badam w jaki sposób molekularnie, fizjologicznie, biochemicznie i biofizycznie roślina reguluje procesy przetrwania, aklimatyzacji i adaptacji.

Drugim podstawowym tematem moich badań, wynikającym z pierwszego, jest mechanizm fotoinhibicji i jego wpływ na globalne przegrzanie Ziemi.

Fotosynteza na lądzie to mała część globalnej fotosyntezy – ok. 10-13% pomimo że mamy 3,14 biliona ($3,14E12$) drzew na Ziemi, reszta fotosyntezy zachodzi w morzach i oceanach. Zadajemy sobie pytanie, czy proces absorpcji energii w nadmiarze i wynikający z tego proces fotoinhibicji przegrzewa nam oceany i Ziemię? Fotoinhibicja sama w sobie zwiększa rozpraszanie zaabsorbowanej energii pod postacią ciepła, ponieważ ogranicza ilość energii przeznaczoną na fotosyntezę. A im goręcej na Ziemi tym większe okresy fotoinhibicji, a krótsze okresy fotosyntezy. Tego aspektu nikt do tej pory nie bierze pod uwagę w modelach przegrzania Ziemi. To co obserwujemy np. w rafach koralowych – ich wybielanie i śmierć (photobleaching), może być spowodowane przedłużającą się fotoinhibicją i przegrzaniem symbiontów fotosyntetyzujących. Pójdę dalej. Mamy w tej chwili modele przegrzania Ziemi. Wiemy o tym, że temperatura się podnosi. Uważam, że proces wydłużania fotoinhibicji na lądzie i w oceanach uczestniczy w napędzaniu globalnego przegrzania Ziemi a globalne przegrzanie zwiększa okresy fotoinhibicji i mamy samonapędzające się sprzężenie zwrotne. To nie jest uwzględnione w obowiązujących modelach przegrzania Ziemi.

Ile ciepła wytworzy drzewo z tysiącem równo oświetlonych liści? My to mierzymy i nasze pomiary wskazują, że w czasie sekundy takie drzewo wytworzy prawie 2 kalorie. To jest trochę ponad 8 W. Tym obecnie się zajmujemy, mierzymy ciepło wytwarzane podczas fotosyntezy i fotoinhibicji. Czyli w trakcie dnia oświetlony las amazoński wytwarza gigawaty ciepła w czasie sekundy, a gdy ma niedobory wody (co jest faktem) następuje fotoinhibicja i wytwarza dużo więcej ciepła z mechanizmu NPQ. Im mamy wyższą temperaturę, mamy większe niedobory wody, tym rośliny mniej fotosyntetyzują (mniej asymilują dwutlenku węgla) a więcej wypromieniowują ciepła. Bo skoro nie mają wody, muszą zamknąć aparaty szparkowe, a wtedy nie pobiorą dwutlenku węgla i następuje fotoinhibicja. A więcej dwutlenku węgla w atmosferze to mniej wypromieniowanego ciepła z Ziemi w kosmos w czasie nocy. Bilans energii musi się zgadzać. Jeśli fotochemia jest wyłączona, czyli zachodzi proces fotoinhibicji to cała zaabsorbowana energia musi zostać przekształcona kwantowo w ciepło i fluorescencję. W związku z tym, im dłuższe okresy fotoinhibicji, tym więcej ciepła jest produkowane. Proces fotoinhibicji w morskich organizmach roślinnych i bakteryjnych zachodzi inaczej, ale jego rezultat jest taki sam – więcej ciepła. Od tego nagrzewają się oceany i

Ziemia. A to jest coś nowego do tej pory niebadanego w nauce. To są badania podstawowe i stawiamy zasadnicze pytanie, jak to działa na środowisko i jak rośliny to regulują?

- W jaki sposób znalazł się Pan Profesor w SGGW?

- To była długa droga. Kończyłem studia typowo rolnicze, na specjalizację poszedłem do Katedry Biochemii obecnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. To były lata 80. Ukończyłem specjalizację z biochemii i pracę magisterską też pisałem z biochemii. To już tam zacząłem pracować na roślinach, a dokładnie na łubinie. Badałem transferowe kwasy rybonukleinowe, a początki mojej pracy to były ich geny tRNA. Od tego się zaczęło.

Z Poznania wyjechałem do Szwedzkiego Uniwersytetu Rolniczego w Umea na doktorat i nadal trzymałem się tematu roślin, tym razem drzew – sosny. W doktoracie połączyłem eksperymenty molekularne z fizjologią, biochemią i biofizyką. Obroniłem doktorat w 1994 z badań nad rolą nadtlenkowej dysmutazy w regulacji fotosyntezy i odpowiedzi roślin na stres nadmiaru światła. Nadtlenkowa dysmutaza jest enzymem bez którego życie tlenowe nie byłoby możliwe. W 1995 zdobyłem stypendium rządu Szwecji na dwuletni pobyt w John Innes Center w Norwich w Wielkiej Brytanii i tam odkryłem i opisałem pierwsze retrosygnale z chloroplastów indukowane absorpcją energii w nadmiarze. Potem wróciłem do Umea, dostałem etat adiunkta i odkryłem w 1999 systemowo nabytą aklimatyzację (ang. SAA) opisaną w „Science”. W tym samym roku otrzymałem etat profesora w Katedrze Botaniki Uniwersytetu Sztokholmskiego, gdzie pracowałem osiem lat. W 2008 wyjechałem ze Sztokholmu do Warszawy – do SGGW. Złożyłem wtedy projekt w pierwszym konkursie „Welcome” Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Nie było łatwe przekonać ówczesne władze rektorskie, żeby zainteresowały się tym projektem, ale ostatecznie udało się. Bardzo pomógł mi w tym prof. Stefan Malepszy. Złożyłem wniosek i wygrałem razem z trzema innymi laureatami – fizykami. Spośród wszystkich 11 laureatów konkursu „Welcome” FNP to był jedyny nagrodzony wniosek z biologii roślin.

- W wyniku Pana działań i osiągnięć naukowych, znalazł się Pan w gronie najczęściej cytowanych naukowców SGGW w Warszawie na świecie. Jak to jest być w takim gronie i co to oznacza dla Pana Profesora?

- To absolutnie nic nie oznacza i zaraz wyjaśnię.

Nasze ministerstwo (przyp. red. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego), uczelnie i inne jednostki naukowe oceniają dorobek naukowców systemem punktowym ministerialnym, który jest regulowany rozporządzeniami ministra o czasopismach punktowanych. W naukach eksperymentalnych, biologicznych jest to mniej więcej jako tako ułożone. Minusem jest spłaszczenie punktacji czasopism. Na przykład publikacja w „Nature” i w „Science” jest równa publikacji w „Plant Cell” czy w „PNAS of USA”, a tak naprawdę ich współczynniki wpływu są różne. Ale generalnie można żyć z tym systemem. Tylko po co on jest? Służy do oceny między ministrem a uczelniami, a uczelnie oceniają nas – nauczycieli akademickich. Nic więcej.

Natomiast w Narodowym Centrum Nauki, w którym od grudnia 2022 jestem członkiem Rady NCN, w ogóle tego typu punktacja czasopism nie jest brana pod uwagę w ocenie wniosków grantowych. To eksperci oceniają wnioski wg własnych kryteriów a nie systemu ministerialnego. System punktacji czasopism nie ma żadnego przełożenia na to, czy mamy większe czy mniejsze szanse na dostanie grantu badawczego. Czyli dwie instytucje publiczne – uczelnie (naukowcy tych uczelni) i NCN nadzorowane przez MNiSW mają niekompatybilne systemy oceny dorobku naukowego naukowców. Poza tym, ocena dorobku naukowego kierownika grantu to ok. 30% wszystkich punktów jakie można zdobyć w konkursach NCN. Dlatego rankingi cytowalności publikacji naukowych „na pstryk koniu jadą i są jak przysłowiowa łaska pana”.

- To znaczy, że rankingi odchodzą?

- Nie, sędzę że wracają. Dlatego, że w Chinach to się nadal liczy i w wielu innych krajach wschodzących naukowo jak np. Indie. A Chiny są teraz wschodzącą potęgą naukową numer jeden. Trochę bardziej się to liczy w Stanach Zjednoczonych. A w Europie jesteśmy dekadency. Odchodzimy od wszystkiego co możliwe i wymierne.

Zwracam uwagę, że mamy czterokrotnie mniej naukowców na milion mieszkańców, aniżeli kraje takie jak Szwecja, Norwegia, Dania, Niemcy czy Wielka Brytania. Do tego w tych krajach naukowcy są nawet trzy czy cztery razy lepiej wynagradzani. To z czym my chcemy gonić świat? To jest mniej więcej tak jakbyśmy dziecięcym rowerkiem startowali w profesjonalnym wyścigu kolarskim. U nas jest garstka naukowców, którzy są dobrzy, o których się pisze. I wtedy mówi się jak to dobrze w Polsce nauka się rozwija. A rzeczywistość jest inna, poziom sukcesu w NCN spadł z 22 do 8%. Oznacza to, że obecnie tylko co 12 złożony grant badawczy otrzyma finansowanie. NCN jest najważniejszą i jedyną w Polsce agendą rządową przyznającą granty w badaniach podstawowych. Rocznie z 85 000 naukowców w Polsce wnioski do NCN składa tylko 17 000 naukowców. Z tej grupy obecnie tylko ok. 1300 otrzymuje granty. Dlatego my

Polacy nie jesteśmy konkurencyjni w nauce światowej.

Politycy i decydenci nie zdają sobie z tego sprawy. Polska nauka utknęła już na mieliźnie. Jeżeli finansowanie polskiej nauki nie będzie znacznie zwiększone, nie będzie programu ratującego, tworzenia nowych uczelni i instytutów badawczych na konkurencyjnych warunkach w stosunku do Zachodu to w ciągu następnych 10 lat przestaniemy się w ogóle liczyć. Będziemy tylko biorcami technologii Zachodu, zostaniemy naukowymi średniakami bądź maluchami. I taka jest gorzka prawda.

- Dziękuję za rozmowę.

Rozmawiała: Anita Kruk, Biuro Promocji SGGW

„World Ranking of Top 2% Scientists”, to lista najczęściej cytowanych naukowców na świecie, którą opracowuje Stanford University we współpracy z wydawnictwem Elsevier. Ranking ocenia dorobek naukowy z uwzględnieniem kryteriów takich jak m.in. indeks Hirscha, liczba cytowań, miejsce i rola autora wśród współautorów. W opublikowanym w październiku 2023 r. rankingu za 2022 r. znalazło się 726 naukowców z Polski, w tym 10 z SGGW:

- dr hab. Sabina Galus, prof. SGGW z Katedry Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Instytutu Nauk o Żywności SGGW
- prof. dr hab. Ewelina Hallmann z Katedry Żywności Funkcjonalnej i Ekologicznej Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW
- prof. dr hab. Mohamed Hazem Kalaji z Katedry Fizjologii Roślin Instytutu Biologii SGGW
- prof. dr Stanisław Karpiński z Katedry Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Instytutu Biologii SGGW
- dr hab. inż. Marek Kieliszek, prof. SGGW z Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Instytutu Nauk o Żywności SGGW
- dr inż. Anna Kot z Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Instytutu Nauk o Żywności SGGW
- dr hab. inż. Maja Radziemska, prof. SGGW z Katedry Kształtowania Środowiska Instytutu Inżynierii Środowiska SGGW
- prof. dr hab. inż. Ewa Sawosz Chwalibóg z Katedry Nanobiotechnologii Instytutu Biologii SGGW
- prof. dr hab. Tomasz Stadejek z Katedry Patologii i Diagnostyki Weterynaryjnej Instytutu Medycyny Weterynaryjnej SGGW

- prof. dr hab. Małgorzata Witeska z Samodzielnego Zakładu Ichtiologii i Biotechnologii w Akwakulturze Instytutu Nauk o Zwierzętach SGGW

Metryczka

Opublikował w BIP:	Dorota Sokół
Data opublikowania:	24.05.2024 10:23
Data ostatniej aktualizacji:	24.05.2024 10:24
Liczba wyświetleń:	4