



WYDZIAŁ BIOCHEMII, BIOFIZYKI I BIOTECHNOLOGII

Zakład Fizjologii i Biochemii Roślin

dr hab. Dariusz Latowski

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Tomasza Mroza

**pt.: „Dynamika zmian wybranych parametrów fizjologicznych oraz składu
pierwiastkowego podczas przejścia C3 → CAM u *Mesembryanthemum crystallinum* L.”**

Promotorem jest Pan dr hab. Andrzej Kornaś, prof. UP

Promotorem pomocniczym jest Pan dr hab. Kamil Brudecki, prof. IFJ PAN

1. Podstawa prawna: uchwała Rady Dyscypliny – Nauki Biologiczne Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie – pismo z dnia 20 lipca 2023 r. dotycząca przygotowania poniższej recenzji.

2. Podstawowe dane o Kandydacie

Na podstawie otrzymanych informacji stwierdzam, że Pan mgr inż. Tomasz Mróz ukończył studia I i II stopnia na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, na kierunku Ochrona Środowiska. Studia pierwszego stopnia zakończył przygotowaniem pracy dyplomowej pt „Zawartość uranu w nawozach fosforowych, glebie oraz roślinności łąkowej długotrwałego doświadczenia nawozowego w Czarnym Potoku” pod kierunkiem profesora Jerzego Wojciecha Mietelskiego z Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN w Krakowie. Następnie kontynuował naukę na studiach drugiego stopnia kierunku ochrona środowiska, m. in. przygotowując pod kierunkiem pani dr inż. Edyty Łokas pracę magisterską pt „Zastosowanie ²¹⁰Po oraz ^{238,239+240}Pu w geochronologii torfowisk Podhala” i uzyskując tytuł magistra inżyniera. Na tej samej uczelni rozpoczął również studia pierwszego stopnia na kierunku biologia stosowana, które zakończył w roku 2015 uzyskując tytuł licencjata za pracę „Radiowrażliwość wybranych szczepów bakterii z rodzaju *Lactobacillus* sp.” którą przygotował pod kierunkiem pana dr hab. Tomasza Gosiewskiego z Katedry Mikrobiologii Collegium Medicum UJ. W październiku 2014 rozpoczął studia doktoranckie w Zakładzie Biologii Komórki i Genetyki na Wydziale Geograficzno-Biologicznym Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie pod kierunkiem dr hab. Andrzeja Kornasia, prof. UP. W chwili składania dokumentacji związanej z zakończeniem pracy doktorskiej był

autorem ponad 20 artykułów naukowych, a jego wyniki prezentowane były w formie 10 komunikatów konferencyjnych.

3. Ogólna ocena rozprawy

Rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Tomasza Mroza oceniam jako bardzo dobrą i wnioskuję do Wysockiej Rady Dyscypliny Nauki Biologiczne UP w Krakowie o jej wyróżnienie stosowną nagrodą.

4. Analiza rozprawy doktorskiej i uzasadnienie jej oceny

Wysoko oceniam ogólną ideę pracy i związany z nią wybór tematyki badawczej. W świetle zmian klimatu i wzrostu zasolenia gleb badania metabolizmu CAM, w których kryształka lśniąca jest rośliną modelową, odgrywają szczególną rolę poznawczą, z coraz wyraźniejszym aspektem praktycznego ich wykorzystania. Autor słusznie dostrzegł, że utrzymująca się od lat tendencja do doskonalenia się w specjalistycznym, często wąskim zakresie wiedzy, przyczynia się do wykreślania ostrych granic między poszczególnymi, nawet blisko spokrewnionymi tematami badawczymi, często z pominięciem istoty i przyczyny tej wytyczonej granicy. Podobnie ma się sytuacja z metabolizmem C3 i CAM. Każdy z nich jest dość dobrze scharakteryzowany, nawet na znacznym poziomie szczegółowości i w wielu aspektach, natomiast to co dzieje się w okresie przejściowym, gdy metabolizm C3 ustępuje miejsca metabolizmowi CAM nie wzbudzało dotąd szerokiego zainteresowania. A przecież patrząc na skuteczność metabolizmu CAM zwiększającego szansę roślin na przetrwanie suszy, wysokich temperatur i towarzyszącego im często wzrostu zasolenia, wiedza o tym co się dzieje w chwili przekraczania granicy między metabolizmem C3 a CAM wydaje się z praktycznego punktu widzenia, co najmniej tak samo ważna, jak wiedza o tym na czym te dwa typy metabolizmu polegają. Pan mgr inż. Tomasz Mróz dokonując wyboru tematyki badawczej w ramach swojej pracy doktorskiej wykazał świadomość tego problemu i tym samym wytyczył sobie oryginalny zakres badań, który oparł na weryfikacji czterech hipotez. O ile wyniki badań weryfikujących dwie pierwsze hipotezy można było, moim zdaniem, przewidzieć na podstawie obecnego stanu wiedzy, to hipotezy wskazane jako trzecia i czwarta mają wysoki potencjał istotnego poszerzenia wiedzy w zakresie przemian C3 w CAM, ale też pełniejszej charakterystyki *Mesembryanthemum crystallinum* z metabolizmem CAM. Co więcej, wprowadzenie nowatorskich metod w weryfikacji tych hipotez pozwala poznać nie tylko to, co dzieje się w czasie przemian C3 w CAM, ale również dokonać analizy porównawczej stanu rośliny z metabolizmem C3 i CAM w aspektach dotąd niebadanych.

Część eksperymentalna pracy została poprzedzona bardzo gruntownie opracowanym Wprowadzeniem. Rozdział ten liczy 64 strony i jest najdłuższą częścią pracy. Obszerność tego rozdziału może być kwestią dyskusyjną, ale w mojej ocenie, podnosi zasadność i formę rozprawy przygotowanej jako monografia. Moim zdaniem rozdział ten dobrze odzwierciedla fascynację Autora

badaną tematyką z uwzględnieniem jej najważniejszych aspektów, świadczy o wnikliwej i zasadniczo dobrze uporządkowanej wiedzy w szeroko rozumianej tematyce pracy i co chyba najcenniejsze bardzo dobrze, choć może momentami zbyt szczegółowo, wprowadza czytelnika w podstawy zastosowanych metod. To ważne, bo w ten sposób Wprowadzenie jest nie tylko zarysem aktualnego stanu wiedzy w badanym temacie, ale bardzo dobrze uzasadnia wybór warsztatu metodycznego do realizacji badań. Tym samym, nawet czytelnik nie korzystający z danej techniki badawczej, poznaje jej zasadę, potencjał, a w kolejnych rozdziałach pracy, zastosowanie i znaczenie w eksperymentalnej weryfikacji hipotez badawczych. Bardzo podoba mi się to, że zawarte we Wprowadzeniu informacje, jak np. te w tab. 1.3 są następnie wykorzystywane w rozdziale Materiały i metody, który co właściwe, nie skupia się już na teorii stosowanych metod, ale stanowi zestaw protokołów w znacznym stopniu pozwalających na powtórzenie badań przez innego eksperymentatora. Oceniając Wprowadzenie nie sposób nie docenić też talentu pedagogicznego Doktoranta. Jasność i merytoryczna wartość formułowanych zdań, logiczność i konsekwencja wywodu z oddaniem szacunku odkrywcom omawianych zagadnień świadczy nie tylko o wiedzy Doktoranta, o umiejętności jej przekazywania innym, ale też o wysokiej kulturze osobistej Autora.

Rozdział Materiały i metody liczy 13 stron i zasadniczo dobrze prezentuje sposób realizacji doświadczeń. Bardzo wysoko oceniam dobór, wielość i różnorodność zastosowanych metod i to nie tylko dlatego, że znakomicie pozwalają one na wieloaspektową analizę podjętego tematu, czy świadczą o ogromnym potencjale Doktoranta jako badacza doświadczonego i w przyszłości zdolnego do samodzielnej pracy, ale też dowodzą bardzo dobrej umiejętności współpracy z innymi ośrodkami krajowymi i zagranicznymi. Z otrzymanych dodatkowych dokumentów (Autoreferat) widać, że Pan mgr inż. Tomasz Mróz, współpracował z tymi ośrodkami, nie tylko zlecając im poszczególne badania i analizując ich wyniki, ale sam w tych ośrodkach pracował. Opanowanie metod zastosowanych w pracy doktorskiej, znajomość specjalistycznej, często unikatowej, aparatury zasługuje na ogromne uznanie i wyróżnienie.

Niejasności wzbudza we mnie opis rozpoczęcia eksperymentu na str. 75. Napisano tam: „Indukcja przejścia C3 – CAM rozpoczęta została z chwilą pojawienia się trzeciej pary liści.” Jasne jest dla mnie, że tego dnia rozpoczęto podlewanie roślin doświadczalnych roztworem NaCl i że jest to tzw. „dzień zerowy”, ale w pracy, ani w rozdziale Wyniki, ani Dyskusja nie wspomniano nic na temat tego, czy u wszystkich 40 roślin z grupy doświadczalnej trzecia para liści pojawiła się tego samego dnia, co wydaje mi się trochę mało prawdopodobne. A jeśli dzień zerowy nie był tym samym dniem życia dla każdej badanej rośliny, to jaki był rozrzut tych „dni zerowych” względem wieku w populacji badanych roślin i czy te potencjalne różnice w wieku mogły jakoś wpłynąć na rozrzut i tym samym istotność statystyczną analizowanych w pracy wyników? Choć w rozprawie zastosowano zapis typowy dla opisu metodyki indukcji metabolizmu CAM w publikacjach naukowych, w monografii można napisać więcej i bardziej wnikliwie wykazać swoje własne spojrzenie na otrzymane wyniki

z uwzględnieniem wszystkich czynników, które mogły mieć wpływ na charakter tych wyników. Będę wdzięczny Doktorantowi za poruszenie tego aspektu w czasie publicznej obrony. W pracy powinno się było również dodać informacje o tym, jak często podlewano rośliny. Ciekawi mnie również, jak w badaniach otrzymywano sok komórkowy, bo w opisie metodyki, na str. 76 tego nie napisano, ani nie podano pracy, w której byłaby opisana stosowana metoda.

Wyniki klarownie przedstawiono na 36, przedyskutowano na 52 i podsumowano na 2 stronach. Praca zawiera też streszczenie w języku polskim i angielskim, wykazy skrótów, rycin i tabel oraz wykaz imponującej liczby właściwie zacytowanych artykułów, tj. 781 pozycji. Formalnie rozprawa spełnia więc wszystkie warunki stawiane pracom doktorskim.

Zakres wykonanych analiz zasługuje na uznanie i wyróżnienie. Wśród nich szczególnie doceniam wnikliwe i elegancko zaplanowane i wykonane analizy fluorescencji chlorofilu a, gdzie dynamika zmian podczas przejścia C3 w CAM uwidoczniła została nie tylko w poszczególnych dniach, ale też godzinach. Bardzo podoba mi się również interpretacja otrzymanych w tych eksperymentach wyników zawarta w Dyskusji i uwzględniająca obserwowane zmiany pasma G.

Drugą, ogromną grupą wyników, które uważam za nowatorskie i bardzo przydatne w kolejnych badaniach z zastosowaniem *M. crystallinum* są analizy pierwiastkowe. Niektóre z analizowanych pierwiastków nie mają większego znaczenia biologicznego, ale wiele istotnie wpływa na organizmy. Bardzo cenne jest to, że eksperyment został zaplanowany tak, że wyniki odzwierciedlają rzeczywistą kinetykę zmian poziomu badanych pierwiastków w różnych etapach przejścia z C3 do CAM. Zbiór tych wyników stanowi bazę do puli kolejnych prac, wpisujących się w badania ekotoksykologiczne i fitoremediacyjne z zastosowaniem kryształki lśniącej. Szkoda, że w podsumowaniu nie pogrupowano pierwiastków, np. w tabeli, na te, których było więcej w roślinie z metabolizmem C3, z metabolizmem CAM oraz jako trzecią grupę tych, które nie wykazywały różnic w poziomie zawartości w zależności od typu metabolizmu. W tej trzeciej grupie może wskazana byłaby jakaś wieloczynnikowa analiza statystyczna, aby jednoznacznie ocenić powiązania poziomu pierwiastków z typem metabolizmu. Przy okazji tych badań warto zaznaczyć poziom Dyskusji w ocenianej rozprawie doktorskiej. Już wspomniana liczba zacytowanych właściwie prac jest przesłanką wskazującą na wysoki poziom pracy. Pan mgr inż. Tomasz Mróz wykazał się znakomitą wiedzą, nie tylko pisząc Wprowadzenie, ale w jeszcze większym stopniu przygotowując dyskusję. Osadzenie wyników własnych doświadczeń w istniejącym stanie wiedzy zostało wykonane przez Autora perfekcyjnie. Uzyskane wyniki zostały doskonale przedyskutowane z danymi literaturowymi, tak doskonale, że ten fakt razem z bogactwem metodyki, ogromem wykonanych doświadczeń i wspomnianą wiedzą, czyni tę rozprawę, w moim odczuciu, wyróżniającą. A jednak, ta znakomita dyskusja pozostawia we mnie pewien niedosyt, wynikający chyba z jej powściągliwości. Poza bogactwem bardzo cennych i wskazanych do zamieszczenia informacji wynikających z danych literaturowych, ja chciałbym poznać głębiej, co o swoich wynikach myśli Autor, jakie na ich

podstawie snuje hipotezy i modele, nawet jeśli byłyby to spekulacje, z którymi bym się nie zgadzał. Z dyskusją w przedstawionej formie zgodzić się muszę, bo ona niezwykle mocno zakorzeniona jest w faktach wiedzy powszechnie przyjętej za prawdziwą. W dyskusji brakuje mi też wyraźnego wskazania, tego co jest podstawą pracy, tzn. kiedy według Autor zaczyna się, a zwłaszcza kończy okres przejścia z C3 w CAM. Wiem na jakiej podstawie to stwierdza – mierzy poziom jabłczanu w soku komórkowym, ale dlaczego mierzy go tylko przez 21 dni, skoro niektóre parametry badane są na roślinach o tydzień starszych, a rys. 4.1. nie pokazuje etapu, w którym dochodzi do wysycenia poziomu jabłczanu w analizowanych próbkach – jego poziom rośnie wraz z każdym kolejnym punktem pomiarowym. Możliwe, że dla Autora nie jest istotny stan zakończenia tego przejścia, a tylko jego istnienie, czy tak? Z drugiej jednak strony, przy bardzo ciekawej i wartościowej analizie z zastosowaniem spektroskopii Ramana Autor napisał: „Przeprowadzona analiza zmian intensywności linii charakterystycznych dla karotenoidów zarówno w wiązce przewodzącej, jak i w miększu wykazała, że **w końcowej fazie eksperymentu**, odpowiadającej przejściu roślin z grupy +NaCl w funkcjonalny metabolizm CAM, rośliny z grupy kontrolnej charakteryzowały silniejszym natężeniem sygnału, szczególnie dla linii karotenoidowej 1525 cm^{-1} .” Patrząc na wyniki zaprezentowane na rys. 4.12 – 4.14 opisana sytuacja ma miejsce w trzynastym i piętnastym dniu eksperymentu. Poziom jabłczanu w tych dniach jest ponad połowę niższy niż w ostatnim dniu pomiaru, czyli 21 (rys. 4.1). Na jakiej więc podstawie uznano, że trzynasty i piętnasty dzień to końcowa faza eksperymentu odpowiadająca „przejściu roślin z grupy +NaCl w funkcjonalny metabolizm CAM”? W pracy widzę wyniki, które pozwoliłyby na takie stwierdzenie, ale nie są one, podobnie jak poziom jabłczanu i wyniki kilku innych eksperymentów poddane analizie korelacji i nie są w pracy ujęte, jako parametry określające początek i koniec fazy przejścia C3 w CAM.

W pracy wykonano kilka analiz, których wyniki są znane z innych eksperymentów. Autor ma tego świadomość, bo w dyskusji często wspomina, że dane są zgodne z danymi literaturowymi. Dotyczy to np. analiz wymiany gazowej, przewodności szparkowej i tempa transpiracji. Moim zdaniem oczywisty będzie kierunek tych zmian przy przejściu z C3 do CAM, bo znamy mechanizmy tych metabolizmów i fizjologię, którą one determinują. Czy nie lepiej byłoby wykorzystać te eksperymenty, jako źródło kolejnych, oprócz poziomu jabłczanu, parametrów wyznaczających granice między początkiem i końcem przejścia z C3 w CAM? Podobnie, czy do takiej parametryzacji nie mógłby też być włączony poziom jonów sodu i chloru? Który z tych jonów ma większy wpływ na przejście z C3 do CAM? Jak na wyznaczenie początku okresu przejścia C3 w CAM może wpływać drastyczny wzrost poziomu jonów chlorkowych w szóstym dniu, pokazany na rys. 4.15, na którym chyba źle przedstawiono skalę osi Y? Chciałbym zobaczyć ten wykres z poprawną skalą tej osi i wartością ukazującą, o ile wzrósł poziom chloru w szóstym dniu w stosunku do dnia trzeciego. Ciekawi mnie też, dlaczego podjęto się analiz wpływu przejścia C3 w CAM na aktywność katalazy. Na czym polegały różnice w eksperymentach przeprowadzonych w tym zakresie przez Autora

w stosunku do publikacji Niewiadomska i inn. z 1999 roku? Podobnie, warto byłoby bardziej podkreślić różnice w badaniach własnych dotyczących pozostałych analizowanych enzymów antyoksydacyjnych i oksydacji lipidów w kryształce lśniącej z badaniami innych autorów, choć w tym wypadku, przy głębszej analizie tekstu rozprawy można się ich doszukać lub domyślić.

Te powyższe uwagi nie umniejszają znaczenia pracy, są jedynie wskazówkami starszego stażem kolegi dla naukowca wchodzącego dopiero na pola nauki, do próby bardziej holistycznego spojrzenia na badany problem. Tak jak organizm jest zlepkiem mnóstwa złożoności, tak i wyniki różnych eksperymentów z tym organizmem nabierają sensu jeśli oprócz porównań z literaturą, spróbujemy je ze sobą łączyć i szukać zależności przyczynowo skutkowych. Te powyższe uwagi są więc też zachętą, by nie bać się własnych interpretacji wyników, by w pokorze wynikającej ze świadomości możliwości błędnych interpretacji umieć zabrać głos w dyskusji naukowej nie tylko w aspekcie zgodności danych z literaturowymi, ale dostrzeżonej samodzielnie koncepcji, nawet jeśli ona z literaturą nie jest zgodna.

5. Inne drobne uwagi ogólne na temat pracy

Bardzo ładny opis i charakterystykę poszczególnych faz rozwoju *M. crystalinum* w tab. 1.1. na str. 11 i 12 można by jeszcze wzbogacić fotografiami rośliny będącej na danym etapie rozwoju. W tytule tab. 1.1. wyrażenie „fazy wzrostu” lepiej było zastąpić sformułowaniem „fazy rozwoju”. Nie jestem też przekonany do zasadności używania sformułowania „wzrostu i rozwoju”, co pojawia się w pracy kilka razy. Zasadniczo wzrost jest elementem rozwoju, więc nie widzę potrzeby stosowania tego zlepku, bez jakiegś szczególnej konieczności rozróżnienia wzrostu od takiego etapu rozwoju, kiedy wzrost już nie występuje.

Na stronie 13 niepoprawnie podano jednostkę stężenia molowego. Duża litera M określa już sama w sobie liczbę moli w jednym litrze, zatem powinno być albo 10^{-3} M, albo 10^{-3} mol·dm⁻³, a nie 10^{-3} M·dm⁻³. Dalsza część rozprawy wskazuje, że Doktorant ma pełną świadomość powyższego, bo na dalszych stronach i wielokrotnie zawsze zapisuje właściwie tę jednostkę.

W opisie pod koniec strony 20 i na stronie 21 jest kilka niewłaściwych sformułowań. Jeden z fragmentów to: „Kiedy kwant światła o energii mieszczącej się w zakresie PAR zostanie pochłonięty przez LHCII, kompleks ten przechodzi do stanu wzbudzonego. W tym stanie, elektron walencyjny w cząsteczce barwnika fotosyntetycznego przechodzi z podstawowego poziomu energetycznego na wyższy. Towarzyszy temu przeniesienie elektronu z cząsteczki chlorofilu na feofitynę...”. Fragment ten stanowi być może niewłaściwy skrót myślowy, ale nie każdemu wzbudzeniu elektronu barwnika anteny towarzyszy przeniesienie elektronu w centrum reakcji. Wskazane byłoby tutaj, przy

stosowanym przez Autora stopniu szczegółowości Wprowadzenia, zaznaczenie mechanizmów migracji ekscytynu i rezonansowego przeniesienia energii. Proponuję, aby krótkie wyjaśnienie roli tych mechanizmów znalazło się w dyskusji na publicznej obronie pracy doktorskiej.

Nie w pełni zgadzam się też z utożsamianiem utlenienia PQH₂ z cyklem Q. Cykl Q to tylko jeden z elementów tego procesu, w połowie odpowiedzialny za utlenianie chinoli. Co więcej, w cyklu Q elektrony nie są przenoszone na PQ_A, bo tym symbolem oznaczany jest (również w rozprawie) plastochinon trwale związane z PSII. Elektron w cyklu Q przenoszony jest na pulę plastochinonu w błonie. Cząsteczki plastochinonów z tej puli są też akceptorami elektronów z PQ_A, ale po uprzednim związaniu się do miejsca określanego jako PQ_B w PSII, o czym z resztą Doktorant poprawnie napisał w dalszej części pracy, m. in. na str. 72.

Nie bardzo też rozumiem, dlaczego równoległy przebieg łańcucha oddechowego w mitochondriach i kumulacja CO₂ z produkcją tlenu w chloroplastach „skutkuje narażeniem roślin CAM na stres oksydacyjny” – str. 29.

Warto również pamiętać, że światło, sensu stricto, to: „promieniowanie elektromagnetyczne o fali długości od ok. 380 nm (fiolet) do ok. 760 nm (czerwień), wykrywane przez oko ludzkie (wzrok)”, zatem fragment na str. 70: „...światło w zakresie ultrafioletu oraz dalekiej i bliskiej podczerwieni.” byłby zapisany bardziej precyzyjnym językiem naukowym, gdyby brzmiał: „...promieniowanie w zakresie ultrafioletu oraz dalekiej i bliskiej podczerwieni.” Dalsza część rozprawy doktorskiej dowodzi, że Doktorant ma tego świadomość, bo np. na str. 78 wyraźnie napisał „w zakresie promieniowania ultrafioletowego”.

Zasadniczo dany rozdział, czy podrozdział powinno się rozpoczynać tekstem, a rysunek powinien być zamieszczony później jako ilustracja tego, co jest w tekście. Zbędne są też zdania, że coś przedstawiono np. na rys. 1, bo każdy rysunek jest podpisany. W zupełności wystarczające jest zamieszczenie nr rysunku w nawiasie przy zdaniu, które ten rysunek w jakimś stopniu ilustruje.

W pracy można znaleźć bardzo nieliczne błędy edytorskie i jeszcze rzadsze stylistyczne. Praca jest pod kątem edytorskim, stylistycznym i gramatycznym, tak jak i merytorycznym przygotowana bardzo starannie.

6. Wniosek końcowy

Rozprawa Pana mgr. inż. Tomasza Mroza pt.: „Dynamika zmian wybranych parametrów fizjologicznych oraz składu pierwiastkowego podczas przejścia C3 → CAM u *Mesembryanthemum*

Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii UJ
Zakład Fizjologii i Biochemii Roślin

crystallinum L.” przygotowana pod opieką Pana Promotora dr hab. Andrzej Kornaś, prof. UP i Promotora Pomocniczego Pana dr hab. Kamil Brudecki, prof. IFJ PAN, spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dn. 20 lipca 2018 (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.)

tj.:

- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie nauki biologiczne oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej;
- jej przedmiotem jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego poznania dynamiki zmian wybranych parametrów fizjologicznych oraz składu pierwiastkowego podczas przejścia C3 w CAM u *Mesembryanthemum crystallinum* L.

Dodatkowo, biorąc pod uwagę istotny wkład pracy doktorskiej w wieloaspektową charakterystykę *M. crystallinum*, szczególnie w czasie zmiany metabolizmu z C3 na CAM tej ważnej rośliny modelowej, m. in. w badaniach suszy i zasolenia, a także poziom i zakres przeprowadzonych przez Doktoranta eksperymentów, wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Tomasza Mroza, dopuszczenia Doktoranta do dalszych procedur związanych z nadaniem stopnia doktora nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk biologicznych i uprzejmie proszę Wysoką Radę Dyscypliny Nauki Biologiczne UP w Krakowie o uznanie pracy doktorskiej za wyróżniającą.

Dariusz Stolarski