

OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE PROFESORA ADAMA MARKOWSKIEGO¹

Franciszek Dubert¹, Władysław Filek²

Zakład Fizjologii Roślin im. F. Górskiego PAN w Krakowie

Katedra Fizjologii Roślin, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Nie jest łatwo podsumować działalność naukową Profesora Adama Markowskiego, obejmującą bez mała pół wieku i to ostatniego półwiecza kiedy, jak to widać dobitnie w monografiach i w rozprawach doktorskich i habilitacyjnych, publikacje z ostatniego dziesięciolecia stanowią mniej więcej 2/3 wszystkich odnośników, co pozwala oszacować przeciętny czas życia publikacji z dziedziny fizjologii roślin na ok. 5 lat. Jak tu więc opisywać prace sprzed paru dziesiątków lat, żeby czytelnika nie zanudzić. Chyba jedynie omawiając osiągnięcia naukowe Profesora na tle współczesnego mu stanu wiedzy w zakresie fizjologii roślin. Oczywiście w krótkim opracowaniu konieczne są skróty i uproszczenia, bo jakże inaczej na niewielu stronkach pomieścić 50 lat życia aktywnego naukowca.

Najwcześniejsze prace Profesora, wykonane w 1952 roku dotyczyły metodyki laboratoryjnej oceny mrozoodporności pszenic i dla porównania także oceny przetrzymywania roślin w polu (zimotrwałości). Pierwsza z nich została wydrukowana w 65 tomie Roczników Nauk Rolniczych i Leśnych, co budzi mimowolne zdziwienie, że czasopismo to już wówczas drukowało swój 65 tom. Druga praca ukazała się w czasopiśmie zatytułowanym Nowe Rolnictwo, z czego wynika, że 50 lat temu też było nowe rolnictwo tyle, że chodziło tu zapewne o nowe w znaczeniu socjalistyczne (był to, przypomnijmy rok 1952). Te czysto praktyczne prace były ważne dlatego, że w pierwszych latach po II wojnie światowej konieczna była inwentaryzacja tego, co pozostało w resztkach kolekcji stacji hodowli, w materiałach nasiennych oraz tego, co dało się jeszcze uratować z upraw. Dla przykładu, to właśnie wtedy z paru uratowanych rodów zrekonstruowano odmianę ozimego rzepaku Górczański, która przez wiele następnych lat dominowała w polskich uprawach. Ponadto z ZSRR sprowadzano nowe odmiany roślin uprawnych, które były z natury swojej niedostosowane do specyfiki naszego klimatu. Stąd też potrzebna była ogromna praca dla oceny porównawczej tego, czym dysponowała nasza hodowla i rolnictwo. Inną jest sprawą to, że do dziś hodowla roślin nie oczekiwała się dobrego laboratoryjnego testu na mrozoodporność roślin, który dobrze korelowałby z połową oceną zimotrwałości roślin, co oznacza, że nadal nie potrafimy precyzyjnie zdefiniować złożonego kompleksu warunków ekologicznych

¹ Tekst przygotowany w oparciu o wspomnienia własne i kolegów z Katedry i Zakładu o Profesorze Adamie Markowskim, zdobyte podczas paru dziesiątków lat wspólnej pracy.

charakterystycznych dla zimy na obszarze Polski i modelować wpływu ich zmienności z roku na rok na plon roślin uprawnych.

Następnych 7 lat Profesor poświęcił studiom nad rozwojem pszenic – taki właśnie wiodący tytuł miała seria 4 publikacji wydanych w latach 1952–1957. Chodziło tu o pszenice ozime i o problem ich indukcji generatywnej czyli wernalizację. Przypomnijmy – proces wernalizacji polega na tym, że tzw. ozime rośliny muszą przebywać przez wymagany dla konkretnego gatunku i odmiany okres w temperaturze nieco powyżej 0°C w celu nabycia zdolności do kwitnienia. Jest to ważne przystosowanie roślin ozimych do warunków naturalnych, w których zima jest okresem wybitnie niekorzystnym dla ich wegetacji, w związku z czym wystarczająco długi okres chłodu niejako „upewnia” roślinę, że minęła zima i po niej nastanie długi okres temperatur sprzyjających dalszej wegetacji roślin, a w szczególności wytworzeniu wrażliwych na chłód organów generatywnych i następnie nasion jako zawiązków nowego pokolenia roślin. Trzeba bowiem pamiętać, że prawidłowy „wybór” przez roślinę terminu wkroczenia w fazę generatywnego rozwoju decyduje o jej sukcesie ewolucyjnym. Wernalizację można symulować w warunkach laboratoryjnych i wtedy tak „oszukana” roślina zakwitnie w szklarni w dowolnej porze roku.

A wracając do tematu – były to lata 50-te, okres fatalnego pomieszczenia nauki z polityką, zwłaszcza zaś za wschodnią granicą Polski. Niektórzy naukowcy osiągnęli bardzo wysokie stanowiska partyjne i rządowe, z kolei inni bywali szykanowani i więzieni, jeśli wyniki ich badań nie zgadzały się z tym co „odkrywali” ci pierwsi. O tym, że nie ma genów zadecydowało biuro polityczne KPZR, nie zdziwiłbym się więc gdyby prawdą było, że tak samo „wyjaśniono” sprawę mechanizmu rozwoju ozimych roślin, a w szczególności ich wernalizacji. Należy bowiem mieć na uwadze, że Trofim D. Łysenko, twórca stadialnej teorii rozwoju roślin, był także członkiem biura politycznego KPZR. Miał on zamiar uporządkować świat roślin strefy umiarkowanej w ten sposób, że ustalił iż w trakcie ontogenezy wszystkie one przechodzą przez kolejne stadia rozwoju – najpierw termiczne, a następnie świetlne. Oznacza to, że rośliny te miały być najpierw wrażliwe wyłącznie na niską temperaturę wernalizacji, a głuche czy raczej „ślepe” na światło, a następnie odwrotnie – wrażliwe na długość fotoperiodu, a zupełnie „nieczułe” na niską, indukcyjną temperaturę. O „wadze” tej problematyki świadczył fakt, że w ZSRR było wydawane czasopismo *Bulletin Jarovizacji*, w którym drukowano wyłącznie lub niemal wyłącznie artykuły potwierdzające coraz to nowe przykłady na stadialny rozwój roślin. Oczywiście poglądy te nie mogły pozostać zamknięte w granicach ZSRR, były one obowiązujące w granicach do jakich sięgały wpływy polityczne ZSRR. Nasi koledzy, szperając po starych zbiorach bibliotecznych, znaleźli kilka tekstów autorstwa znamienitych i powszechnie szanowanych polskich naukowców, o których autorzy woleliby jak najszybciej zapomnieć. Tak więc napisanie w tym czasie paru artykułów, których ogólny wydźwięk stał w sprzeczności z obowiązującą teorią, mogło autorowi przysporzyć poważnych kłopotów. Wiem od Profesora, że podczas jednego z kameralnych spotkań z władzami naukowymi, które miały sprowadzić go na „dobrą drogę”, Profesor nie odwołał swoich tez, a na zarzut, że stoją one w sprzeczności z teorią stadialną odparł, że „jeśli tak, to najwyraźniej te rośliny się mylą”. A we wspomnianych 4 pracach stwierdził, że rozwój roślin ozimej pszenicy po przedświejnej wernalizacji (a więc roślin które powinny zakończyć stadium temperaturowe) najwyraźniej zależy od późniejszych warunków temperaturowych. Oznaczało to, że wernalizacja nie może

być traktowana jako stadium, które w pewnym momencie definitywnie się kończy, a więc godziło w podstawy teorii stadialnej rozwoju roślin. Okazało się też, że efektywność samej wernalizacji też zależy od warunków świetlnych w trakcie jej trwania, a w szczególności proces ten może następować równocześnie z indukcją fotoperiodyczną. Także i te wnioski wykazywały sprzeczność z nauką Łysenki.

W celu wygodniejszego przeprowadzania wernalizacji Profesor zaprojektował specjalny tzw. jaryzator. W tamtych czasach najlepszym sposobem utrzymania stałej temperatury wernalizacji, która dobrze przebiega w temp. 0°C, było prowadzenie jej w przewietrzanych metalowych pojemnikach zatopionych w mieszaninie wody z lodem. Dopiero znacznie później mogliśmy sobie pozwolić na wykonanie termostatu z agregatem chłodniczym, który utrzymywał każdą temperaturę w pewnym przedziale i to bez konieczności ciągłego dbania o to, aby cały lód się nie wtopił.

W oparciu o ten jaryzator wykonano pod kierunkiem Profesora szereg prac na temat biochemicznych procesów towarzyszących wernalizacji kielkujących ziarniaków ozimej pszenicy, w nadziei, że prace te pozwolą znaleźć biochemiczny wskaźnik wernalizacji czyli proces, który będzie jakościowo różnicował pszenice jare od ozimych. Wtedy nikt nie przypuszczał, że zadanie to okaże się tak trudne, że jeszcze po wielu latach na pytanie o biochemiczny wskaźnik wernalizacji nie będzie znana odpowiedź. Niestety, wszystkie stwierdzone różnice okazały się jedynie ilościowe. W szczególności wykazano, że w trakcie wernalizacji u ozimych roślin uprawnych następuje intensyfikacja metabolizmu związków fosforowych, która to praca przez sporo następnych lat była cytowana w głównych zbiorczych opracowaniach na temat termoindukcji generatywnego rozwoju roślin. W innych pracach określono zmiany w metabolizmie związków białkowych w trakcie wernalizacji pszenicy, elementy gospodarki wodnej – głównie wpływ uwodnienia tkanek na postęp wernalizacji oraz zmiany zawartości endogennych auksyn. Prace te potwierdziły ogólny pogląd na wymagania wernalizacyjne roślin, a w szczególności, że proces ten wymaga pewnego minimalnego tempa przemian metabolicznych, co wskazywało, że wernalizacja raczej nie polega na prawie bezenergetycznej przemianie stanu w strukturach komórek, ale jest to poważny proces wymagający dla swojego przebiegu nakładów energii.

Istotną i charakterystyczną cechą naukowej osobowości Profesora była umiejętność kojarzenia odległych faktów i zjawisk. Nieprzypadkowo więc już w początkowym okresie pracy naukowej zainteresował się on mrozoodpornością roślin ozimych, dostrzegając możliwe związki pomiędzy mrozoodpornością a wernalizacją. Prawdę mówiąc, pomimo odkrycia paru genów wpływających na stopień mrozoodporności roślin ozimych, dzisiejsza nasza wiedza o relacjach pomiędzy obydwoma procesami nie jest wiele bogatsza od stwierdzeń zawartych w dwu pracach opublikowanych w latach 60-tych, dotyczących pszenicy i dwu następnych z lat 80-tych na temat rzepaku. Wykazano w nich, że można wprawdzie mówić o istnieniu dodatniej korelacji pomiędzy obydwoma procesami tyle, że jest ona niewielka. Dziś wiemy, że prawdopodobnie chodzi o to, że wernalizacja może wystartować dopiero w roślinach zaadaptowanych do chłodu, więc hartowanie roślin na mróz przygotowuje je równocześnie do zajścia w ich komórkach procesu wernalizacji. Z drugiej jednak strony stopień ozimości nowych odmian roślin uprawnych nigdy nie był przedmiotem celowych prac hodowlanych, a to z tej racji, że charakterystyczną cechą polskiego klimatu jest relatywnie długi okres z tempera-

turami mieszczącymi się w przedziale sprzyjającym wernalizacji, podczas którego wszystkie rośliny mogą się w pełni zwernalizować.

Dziś zapewne każdy powiedziałby, że trudno oczekiwać aby nowe cząsteczki RNA powstające jako transkrypty w wyniku wernalizacji różniły się składem ilościowym poszczególnych nukleotydów. W latach 60-tych nie było to jednak takie oczywiste, myślę więc, że z dzisiejszej perspektywy należałoby raczej z uznaniem przyjąć fakt, że prof. Markowski tak wcześnie dostrzegł możliwy związek pomiędzy indukcją generatywną, i przy okazji również procesami adaptacyjnymi do chłodu a przemianami kwasów nukleinowych. Ówczesne metody badawcze nie pozwalały jednak na więcej niż na analizę składu nukleotydowego głównych frakcji kwasów nukleinowych. Dodać też trzeba, że Profesor był autorem hipotezy, w myśl której indukcja generatywna następuje w wyniku zastępowania starych cząsteczek mRNA, charakterystycznych dla metabolizmu wegetatywnych roślin, przez nowe cząsteczki, towarzyszące generatywnemu rozwojowi roślin. Co ciekawe, badania na ten temat były kontynuowane jeszcze w następnym dziesięcioleciu, tym razem w udoskonalonej metodyce, jako porównanie intensywności syntezy poszczególnych frakcji kwasów rybonukleinowych – oczywiście nie były to jeszcze badania z zakresu biologii molekularnej, ale i tak pokazały, że indukcja rozwoju generatywnego wiąże się z intensyfikacją syntezy nowych cząsteczek RNA.

Kontynuując problematykę wernalizacja a metabolizm kwasów nukleinowych należy zauważyć, że prof. Markowski był autorem oryginalnego spostrzeżenia, że jeśli doszukujemy się różnic w metabolizmie RNA, to należy zwrócić uwagę na enzymy realizujące ten metabolizm, czyli rybonukleazy i niespecyficzne nukleazy. Tak powstały badania, a potem publikacje, w których porównywano najpierw całkowitą aktywność rybonukleolityczną ekstraktów z wernalizowanych i niewernalizowanych tkanek, a następnie próbowano wyznaczać aktywność poszczególnych frakcji enzymatycznych. Początkowo wydawało się, że problem ten nie jest zbyt trudny, doniesiono nawet o wykryciu dodatkowej aktywności enzymatycznej pojawiającej się w obiekcie wegetatywnym w alkalicznym zakresie pH. Niestety, jednak wynik ten nie potwierdził się w dalszych badaniach, a późniejsze prace prowadzone już bez udziału Profesora wykazały, że przynajmniej na ówczesnym poziomie technicznym badań nie można wykazać żadnych jakościowych różnic w aktywności enzymów nukleolitycznych, a wszystko co stwierdzono to jedynie wzrost aktywności w obiektach wernalizowanych wszystkich wydzielonych frakcji enzymatycznych.

Inną charakterystyczną cechą Profesora była umiejętność wyszukiwania nowych ważnych tematów badawczych, które albo sam inicjował, albo zainteresowywał nimi młodszych współpracowników. Dokładnie tak stało się z dwoma problemami badawczymi: określeniem wpływu gazowego dwutlenku siarki oraz ozonu na elementy plonu roślin uprawnych i na zmiany głównych procesów fizjologicznych, decydujących o końcowym plonie rolniczym. Badania te zostały zlecone Katedrze i Zakładowi przez Departament Rolnictwa USA w latach 70-tych, kiedy w Polsce zanieczyszczenie atmosfery, zwłaszcza zaś dwutlenkiem siarki, rosło z roku na rok. W kilkuletnich badaniach pokazano, że deficyt wody może do pewnego stopnia chronić rośliny przed uszkodzeniami ze strony obydwu gazowych zanieczyszczeń powietrza, określono ponadto zmiany wrażliwości roślin podczas ontogenezy, wpływ dobowego rozkładu dawki gazów, wpływ czasu i stężenia gazów na fizjologiczne skutki dla metabolizmu roślin, a także określono gatunkowe różnicowanie wrażliwości wśród roślin uprawnych. Wykonanie tych

badania zostało podsumowane w 8 kolejnych publikacjach. Oczywiście współczesny ekolog powiedziałby, że zamiast uodparniać rośliny na działanie dwutlenku siarki lepiej byłoby zmniejszyć emisję tego zanieczyszczenia do atmosfery. No cóż, nie zawsze słuszne ścieżki są wygodne i szerokie – podobno najczęściej są one cierniste. W tamtych czasach dominacji ciężkiego przemysłu i produkcji rozwijanej za każdą cenę nie było innej możliwości zmniejszenia emisji SO_2 .

Tematem trochę zbliżonym do poprzedniego było zagadnienie usuwania dwutlenku siarki z powietrza poprzez wiązanie go z amoniakiem na nieszkodliwe aerozolowe produkty. Rzecz w tym, że reakcja ta zachodzi w wyższej temperaturze charakterystycznej raczej dla komina kotłowni węglowej. Nie było więc wyjścia, trzeba było symulować taki komin na małą skalę i spaliny po neutralizacji wprowadzać do komory z roślinami. Temat ten zlecony Katedrze i Zakładowi przez Zjednoczenie Energoprojekt w Gliwicach rozwijał się pomyślnie przez jakiś czas. W ówczesnej Hucie im. Lenina w Krakowie funkcjonowała nawet instalacja do neutralizacji spalin na skalę prawie przemysłową. W pewnym jednak momencie inżynier zarządzający całym projektem naraził się komuś znacznie od siebie ważniejszemu i cały projekt szybko został zakończony. Wykazano jednak ponad wszelką wątpliwość, że aerozolowe produkty neutralizacji są dla badanych gatunków roślin uprawnych nieszkodliwe, a nawet mogą oddziaływać jako czynnik dogłębowego czy dolistnego nawożenia. Patrząc z dzisiejszej perspektywy prawdopodobnie byłibyśmy ostrożniejsi w formułowaniu entuzjastycznych opinii o tej metodzie, ale ćwierć wieku temu była ona najtańsza i do momentu opracowania lepszej metody oczyszczania spalin lub zmiany rodzaju paliwa, jej wdrożenie mogło być korzystne dla środowiska naturalnego.

Następnym polem działania Profesora Markowskiego było zafascynowanie czynnikami powodującymi i regulującymi przepływ asymilatów w roślinie i na tej podstawie decydującymi o wielkości plonu biologicznego i rolniczego. Wiedza ta była i jest nadal bardzo ważna zarówno dla fizjologii roślin uprawnych, jak i dla praktyki hodowlanej, gdyż może ukierunkowywać prace hodowlane na wykorzystanie naturalnych cech danej rośliny w celu stymulacji tych kierunków przepływu asymilatów, które w efekcie mogą przynieść wzrost plonu. To było i nadal jest bardzo fascynujące odkrywać prawa, którymi rządzi się roślina, aby zoptymalizować proces wytwarzania owoców, nasion, lub innych organów „przetrawialnych”, zwłaszcza, że strategie różnych roślin mogą być bardzo różne, a poza tym zależą one od warunków klimatycznych wegetacji i na przykład takiej cechy jak wczesność danej odmiany. Specjalnie ciekawym obiektem dla takich badań były mieszańce heterozyjne. Badania prowadzono przy wykorzystaniu dwu głównych metod: wszechstronnej analizy wzrostu oraz pomiaru intensywności fotosyntezy przy zastosowaniu radioaktywnego izotopu węgla ^{14}C . Badania o których mowa zostały wykonane na różnych odmianach ziemniaków i kukurydzy. Pokazano w nich, że łączne zastosowanie obydwu metod badawczych pozwala wyjaśnić różnice w dynamice gromadzenia masy przez poszczególne organy roślin należących do różnych gatunków, a nawet odmian roślin uprawnych i w osiąganiu przez nie różnego końcowego plonu.

Profesor zainicjował także badania nad wpływem dokarmiania roślin warzywnych (pomidorów i ogórków) gazowym dwutlenkiem węgla na wielkość uzyskiwanego plonu. Wykorzystane zostały w tym celu instalacje do gazowania roślin dwutlenkiem siarki. Badania te, można śmiało powiedzieć, wyprzedziły późniejsze trendy w nauce i przez to nie doczekały się rozwiązań praktycznych i

wdrożeń, w wyniku czego zostały w końcu zarzucone. Stało się to z dwóch powodów: po pierwsze w tamtych czasach zarówno aparatura do kontroli poziomu dwutlenku węgla, jak i sam sprężony gaz były znacznie droższe niż obecnie, w związku z czym trudno było liczyć na osiągnięcie pozytywnego efektu ekonomicznego i badania o których mowa miały raczej poznawczy charakter, a po drugie – w tamtych czasach nikt jeszcze nie mówił o wzroście stężenia dwutlenku węgla w atmosferze i konsekwencjach tego zjawiska w postaci efektu cieplarnianego. W każdym razie pracownicy Fitotronu mogli się sami przekonać, że pomidory i ogórki rosnące w szklarniach wzbogacanych w dwutlenek węgla nie różniły się wyglądem i smakiem od kontrolnych.

W latach 80-tych, być może w związku z pojawianiem się w Polsce obcych odmian roślin uprawnych, lub raczej może w związku z tym, że polscy hodowcy coraz częściej sięgali do zagranicznych źródeł zmienności, okazało się celowym zbadanie uszkodzeń nasion powstających podczas kiełkowania, zwłaszcza zaś w niskiej temperaturze i przy wysokiej wilgotności gleby. Dla niektórych roślin ciepłolubnych, zwłaszcza takich jak soja i kukurydza, kiełkowanie w chłodnej i wilgotnej glebie jest silnie stresujące, a nawet może być zabójcze. W tych warunkach dochodzi bowiem do relatywnie szybkiego pęcznienia powodującego uszkodzenia mechaniczne kiełkujących nasion, które następnie atakowane bywają np. przez grzyby kończące proces uśmiercania siewek. Profesor podjął więc szerokie badania nad sposobami zmniejszania wielkości tych uszkodzeń. Jednym ze sposobów jest przedsięwzięcie powolne nawilżanie nasion tak, aby proces ich pęcznienia w chłodzie nie postępował zbyt gwałtownie i nie uszkadzał nasion. Można to nazywać kondycjonowaniem nasion, a najlepiej przeprowadza się je w nie w wodzie, ale w powietrzu o maksymalnej lub kontrolowanej wilgotności względnej. Taką atmosferę o kontrolowanej wilgotności łatwo i tanio uzyskuje się nad roztworami soli mineralnych o określonym stężeniu. W ten sam sposób można też poprawiać zdolność do kiełkowania starego materiału nasiennego. Prace te zakończyły się opracowaniem fizjologicznych wskaźników wrażliwości nasion różnych gatunków roślin uprawnych na kiełkowanie w chłodzie oraz modelu urządzenia, w którym taki zabieg można przeprowadzić nawet w indywidualnym gospodarstwie rolnym. Jesteśmy przekonani, że tamte prace nic nie straciły, a nawet zyskały na znaczeniu w czasach nam współczesnych, bo wprawdzie klimat się podobno ociepla, ale polska wiosna potrafi „śliznąć” się długo i długo utrzymywać zimną i wilgotną glebę.

Jeśli idzie o kukurydzę to roślina ta jest wrażliwa na chłodne kiełkowanie, ale ta jej wrażliwość utrzymuje się także podczas dalszego wzrostu siewek, indukując w nich stres chłodowy. Profesor trafnie odczytał, że może to być interesujący temat badań i zainicjował prace nad określeniem fizjologicznych wskaźników charakteryzujących genotypową wrażliwość siewek kukurydzy na chłód. Badania te okazały się wysoce przyszłościowe i w różnych wariantach i rozwinięciach są kontynuowane do dziś przez uczniów Profesora. Wprawdzie współczesne tematy badań oddaliły się znacznie od tamtych sprzed 15 lat, ale ich drzewo filogenetyczne jest łatwe do rozszyfrowania.

Pod koniec lat 80-tych Profesor zainicjował badania zmian składu, a pośrednio także i właściwości fizykochemicznych i fizjologicznych błon komórkowych ozimych zbóż pod wpływem aklimacji do chłodu oraz rozhartowywania. Ten trend także okazał się słuszny, ponieważ wiemy obecnie, że błony komórkowe, a zwłaszcza plazmolema są szczególnie wrażliwym sensorem zmian temperaturowych.

wych i indukowanych przez nie procesów dostosowawczych w tych błonach. Wprawdzie w tamtych czasach nie było możliwe znaczne wykroczenie poza standardową analizę składu lipidów i ich kwasów tłuszczowych, dopiero dziś sięga się do rentgenowskiej analizy struktury membran komórkowych, ale już tamte pierwsze prace dostarczyły interesujących wyników o dynamice procesów adaptacyjnych, a później, już bez udziału Profesora, zostały one znacznie rozszerzone i udoskonalone. Pamiętamy, że wówczas przez jakiś czas Profesor chodził wielce podekscytowany, bo uzyskane wyniki odnośnie zmiany składu błon komórkowych podczas wernalizacji wydawały się wskazywać na ujawnienie się efektów jakościowych. Późniejsze badania jednak tego nie potwierdziły i cóż, powróciła codzienność.

Może prawdą jest, że pod koniec życia człowiek wraca do tego co fascynowało go w młodości. Oto bowiem ostatnim tematem badań Profesora, na którym zakończył swoje pracowite do ostatnich chwil życie, była znów mrozoodporność roślin i jej powiązania z wymaganiami weralizacyjnymi, do czego zachęcił swego najmłodszego i, jak się okazało, ostatniego doktoranta. Oto bowiem po upływie 40 lat od tamtych badań problem mrozoodporności i częściowo związanej z nim ozimości powrócił wraz z zalewem nowych odmian różnego pochodzenia. Nie było to jednak zdarzenie typu „wraca nowe”, ale powrót do korzeni po zatoczeniu wielkiego 40-letniego koła lub raczej skrętu helisy, która wyniosła te stare tematycznie problemy na wyższy poziom, zaopatrzwszy je w dostęp do nowoczesnych metod badań, do czystych genetycznie form i dostęp do całej zdobytej w tym czasie wiedzy biochemicznej, biofizycznej i molekularnej, jak również do nowych technik badawczych, jak np. kultury sterylne tkanek i komórek roślinnych. Tak zmodernizowane badania są z powodzeniem kontynuowane i nic nie wskazuje na to, żeby ich aktualność miała się wkrótce skończyć.

Na zakończenie zauważmy, że jednymi z ostatnich prac Profesora były te zamieszczone w wydanych w formie książki materiałach jednej z pierwszych konferencji organizowanych przez Zakład Fizjologii Roślin PAN przy wsparciu ze strony Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego AR w Krakowie. Również i ten fakt jest symptomatyczny.

Prawdą jest więc stwierdzenie, że badania prowadzone przez Profesora Markowskiego na trwałe wpięły się do historii badań w szeroko pojętej dziedzinie fizjologii roślin uprawnych.

Publikacje autorstwa lub współautorstwa Profesora Adama Markowskiego

1. MARKOWSKI A. 1952. *Laboratoryjne metody oceny zimotrwałości pszenic ozimych*. Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych 65: 71–113.
2. MARKOWSKI A. 1952. *Właściwa ocena przezimowania ozimin*. Nowe Rolnictwo 2: 77–82.
3. MARKOWSKI A., BARBARO A. 1956. *Studia nad rozwojem pszenic*. Cz. I. *Rozwój pszenic w różnych warunkach termicznych i świetlnych zależnych od przedsięwziętej jarowizacji i terminu siewu, w czteroletnich doświadczeniach połowych*. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 73: 43–79.
4. MARKOWSKI A., KŁOSKA K. 1957. *Studia nad rozwojem pszenic*. Cz. II. *3-letnie*

- doświadczenia wazonowo-szklarniowe nad kształtowaniem się fazy generatywnej pszenicy ozimej w zależności od przebiegu jaryzacji w naturalnych warunkach jesienno-zimowych.* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 77: 1–38.
5. MARKOWSKI A., KŁOSKA K. 1957. *Studia nad rozwojem pszenic. Cz. III. Wpływ wyższych temperatur na kształtowanie się pierwszych faz rozwoju generatywnego pszenicy ozimej i jarej.* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 77: 39–64.
 6. MARKOWSKI A. 1959. *Fizjologia roślin w Szwecji.* Wiad. Bot. 3: 139–153.
 7. MARKOWSKI A. 1959. *Studia nad rozwojem pszenic. Cz. IV. Wpływ światła na jaryzację pszenicy ozimej.* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 79: 689–731.
 8. MARKOWSKI A., POJNAR E. 1960. *Pewne aspekty badań okresowej suszy glebowej i współczynników wędnięcia roślin na tle doświadczeń wazonowych z ziemniakami.* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 83: 25–47.
 9. MARKOWSKI A. 1962. *Sterile vernalization of seeds for biochemical investigation.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 10: 95–96.
 10. MARKOWSKI A., MADEJ M. 1962. *Changes in phosphorus compounds of winter and spring wheat embryos at 20 EC and at vernalization temperature (1,5 EC).* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 10: 139–144.
 11. MARKOWSKI A., MADEJ M. 1962. *Zmiany związków fosforowych w kielkach pszenicy ozimej i jarej podczas kielkowania w temperaturze 20 EC oraz w temperaturze jaryzacji (1,5 EC).* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 85: 421–445.
 12. MARKOWSKI A., MYCZKOWSKI J., ŁEBEK J. 1962. *Preliminary investigations on changes in nitrogen compounds of wheat embryos in the course of germination under various temperature conditions.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 10: 145–150.
 13. MARKOWSKI A., KORLAKOWSKA K. 1963. *Influence of water content in the course of vernalization on the respiration intensity of seeds and the further generative development of winter wheat.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 11: 95–98.
 14. MARKOWSKI A., PISKORNIK Z. 1964. *Changes in growth substances of the auxin type in embryos of winter and spring wheat in the course of germination at 22 EC and at vernalization temperature (1,5 EC).* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 12: 407–411.
 15. MARKOWSKI A., DOLNICKI A. 1966. *Studia nad mrozoodpornością pszenicy. Cz. I. Dziesięcioletnie obserwacje odporności odmian w różnych warunkach wegetacji.* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 92: 216–238.
 16. MARKOWSKI A. 1967. *Fizjologia roślin w Holandii.* Wiad. Bot. 11: 163–179.
 17. MARKOWSKI A., DOLNICKI A. 1967. *Studia nad mrozoodpornością pszenicy. Cz. II. Gospodarka wodna a odporność odmian.* Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A 92: 216–238.
 18. MARKOWSKI A., FILEK W., MADEJ M. 1968. *DNA and RNA nucleotide composition in winter and spring wheat embryos during germination at 20 EC and at vernalization temperature (1 EC).* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 16: 783–786.
 19. MARKOWSKI A., MADEJ M. 1968. *Changes in nucleic acid content in winter and spring wheat embryos during germination at 20 EC and at vernalization tem-*

- perature (2 EC). Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 16: 185–189.
20. MARKOWSKI A. 1970. *Effects of gaseous air pollutants on water economy and productivity of cultivated plants*. First Annual Report PL-480, Department of Agriculture, USA.
 21. MARKOWSKI A., PISKORNIK Z. 1970. *Ribonucleases activity in winter and spring wheat embryos during seed germination at 20 EC and at vernalization temperature (2 EC)*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 18: 177–181.
 22. MARKOWSKI A., PISKORNIK Z. 1970. *Ribonucleases activity in the leaves of wheat previously germinated at 20 EC and at vernalization temperature (2 EC)*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 18: 245–248.
 23. MARKOWSKI A. 1971. *Effects of gaseous air pollutants on water economy and productivity of cultivated plants*. Second Annual Report PL-480, Department of Agriculture, USA.
 24. MARKOWSKI A. 1972. *Effects of gaseous air pollutants on water economy and productivity of cultivated plants*. Third Annual Report PL-480, Department of Agriculture, USA.
 25. MARKOWSKI A., DUBERT F. 1972. *Further studies on ribonucleases activity in leaves of winter wheat in the phases of generative and vegetative development*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 20: 339–343.
 26. MARKOWSKI A. 1973. *Effects of gaseous air pollutants on water economy and productivity of cultivated plants*. Fourth Annual Report PL-480, Department of Agriculture, USA.
 27. MARKOWSKI A., DUBERT F. 1974. *Changes in ribonucleases activity of winter wheat related to phase of development and age of leaves*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 22: 117–122.
 28. MARKOWSKI A., GRZESIAK S. 1974. *Influence of sulphur dioxide and ozone on vegetation of bean and barley plants under different soil moisture conditions*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci., Biol. 22: 875–887.
 29. MARKOWSKI A., GRZESIAK S., PIEŃKOWSKI S. 1974. *Wpływ neutralizacji dwutlenku siarki amoniakiem na wegetację kilku gatunków roślin*. Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 14: 59–87.
 30. MARKOWSKI A., GRZESIAK S., SCHRAMEL M. 1974. *Susceptibility of six species of cultivated plants to sulphur dioxide under optimum soil moisture and drought conditions*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 22: 889–898.
 31. MARKOWSKI A. 1975. *Final report on effects of gaseous air pollutants on water economy and productivity of cultivated plants*. PL-480, Department of Agriculture, USA.
 32. MARKOWSKI A., GRZESIAK S., SCHRAMEL M. 1975. *Indexes of the susceptibility of various species of cultivated plants to sulphur dioxide action*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 23: 637–646.
 33. MARKOWSKI A., GRZESIAK S. 1976. *Dalsze badania wpływu neutralizacji dwutlenku siarki amoniakiem na wegetację kilku gatunków roślin uprawnych*. Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 16: 97–116.
 34. MARKOWSKI A., MARCIŃSKA I., PIEŃKOWSKI S., SCHRAMEL M. 1977. *Absorption of $^{35}\text{SO}_2$ and sulphur translocation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.)*. Bull. Acad.

- Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 25: 813–820.
35. MARKOWSKI A., FILEK W., SKOCZOWSKI A. 1978. *Rate of synthesis of nucleic acid fractions in the shoot apex of winter rape in relation to seed vernalization.* Acta Physiol. Plant. 1: 59–66.
 36. MARKOWSKI A., BUDZIOCH W., KOŚCIELNIAK J. 1979. *Changes in the rate of photosynthesis, growth rate of plant weight and leaf area, and the distribution of assimilates in different varieties of potato during the growing season.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 27: 433–444.
 37. MARKOWSKI A., DUBERT F. 1979. *Zależność efektów neutralizacji dwutlenku siarki amoniakiem od stężenia siarki i azotu w pożywce oraz od stopnia szkodliwego działania SO_2 na rośliny sonecznika i fasoli.* Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 18/2: 47–65.
 38. MARKOWSKI A., KOŚCIELNIAK J., BUDZIOCH W. 1979. *Net photosynthesis rate and different leaf traits as related to the position of leaves on plant, growth phase and growing conditions in three varieties of potato.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 27: 423–431.
 39. MARKOWSKI A., WOJCIECHOWSKI A. 1980. *Changes of L-malate level as indicator of germination intensity in different breeding strains of maize.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 28: 185–190.
 40. MARKOWSKI A. 1982. *Influence of initial seed moisture and temperature conditions during germination and emergence on seedling survival and yields of soybean.* Acta Agrobotanica 35: 43–59.
 41. MARKOWSKI A., RYKA CZ. 1983. *Effect of seed vernalization on generative development in winter rape (*Brassica napus oleifera*) under spring conditions of growth.* Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 22: 67–74.
 42. MARKOWSKI A., RYKA CZ. 1983. *Effect of the age of plants and other factors during vernalization on the generative development in winter rape (*Brassica napus oleifera*) under controlled growth conditions.* Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol. 29: 415–422.
 43. MARKOWSKI A., GRZESIAK S. 1984. *Fizjologiczne wskaźniki produktywności różnych form hodowlanych kukurydzy. Część I. Efekt heterozji fotosyntetycznej.* Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 23: 33–44.
 44. MARKOWSKI A., GRZESIAK S. 1984. *Fizjologiczne wskaźniki produktywności różnych form hodowlanych kukurydzy. Cz. II. Analiza wzrostu w polowych warunkach wegetacji.* Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 23: 15–30.
 45. MARKOWSKI A., FILEK M. 1986. *Changes in composition of fatty acids in different lipid fractions from apical parts of stems as related to the vernalization process in rape (*Brassica napus oleifera*) and wheat (*Triticum vulgare*).* Acta Physiol. Plant. 8: 125–133.
 46. MARKOWSKI A., FILEK M., SKOCZOWSKI A. 1986. *Composition of fatty acids in different lipid fraction before, during and after vernalization of rape (*Brassica napus oleifera*).* Acta Physiol. Plant. 8: 113–123.
 47. JANOWIAK F., MARKOWSKI A. 1987. *Effect of chilling on germination, growth survival and membrane permeability in seedling of different breeding forms of maize (*Zea mays* L.).* Acta Physiol. Plant. 9: 77–87.
 48. MARKOWSKI A. 1988. *Sensitivity of different species of field crops to chilling te-*

- temperature. Part I. *Interaction of initial seed moisture and imbibition temperature*. Acta Physiol. Plant. 10: 265–274.
49. MARKOWSKI A., JANOWIAK F. 1989. *Wpływ chłódów na kiełkowanie, wzrost, przepuszczalność membran i przeżywalność siewek różnych form hodowlanych kukurydzy (Zea mays L.)*. Konferencja „Postęp biologiczny a efektywność produkcji roślin rolniczych”. Radzików k/Warszawy, 10–12 I 1989. Streszczenia: 55.
50. MARKOWSKI A., JANOWIAK F. 1989. *Fizjologiczne przyczyny uszkodzeń siewek kukurydzy w temperaturach chłodowych*. Konferencja „Postęp biologiczny a efektywność produkcji roślin rolniczych”. Radzików k/Warszawy, 10–12 I 1989. Streszczenia: 56.
51. MARKOWSKI A., AUGUSTYNIAK G., JANOWIAK J. 1990. *Sensitivity of different species of field crops to chilling temperature. III. ATP content and electrolyte leakage from seedling leaves*. Acta Physiol. Plant. 12(2): 167–173.
52. MARKOWSKI A., FILEK M. 1991. *Changes of fatty acids in polar lipids from different parts of rape plants (Brassica napus var. oleifera) before and after vernalization*. Acta Physiol. Plant. 13: 21–26.
53. MARKOWSKI A., SKRUDLIK G. 1992. *Wpływ temperatur chłodowych, światła i wieku liści na zmiany zawartości ATP i wypływ elektrolitów u siewek kukurydzy*. 49 Zjazd PTBot., Kielce 1–5 IX 1992.
54. MARKOWSKI A., RAPACZ M. 1993. *Porównanie stopnia ozimości i mrozoodporności wyprowadzonych z dihaploidów linii rzepaku ozimego*. I Warsztaty fizjologii i biochemii roślin. Toruń, 15–16 III 1993.
55. MARKOWSKI A., SKRUDLIK G. 1993. *Wpływ temperatur chłodowych na zmiany wybranych wskaźników uszkodzeń u siewek kukurydzy*. I Warsztaty fizjologii i biochemii roślin. Toruń, 15–16 III 1993.
56. JANOWIAK F., MARKOWSKI A. 1994. *Changes in leaf water status and injuries in maize seedlings induced by different chilling conditions*. J. Agron. Crop Sci. 172: 19–28.
57. MARKOWSKI A., RAPACZ M. 1994. *Comparison of vernalization requirements and frost resistance of winter rape lines derived from double haploids*. J. Agron. Crop Sci. 173: 184–192.
58. MARKOWSKI A. 1995. *Stres temperaturowy gatunków cieopłolubnych roślin uprawnych i hartowanie na mróz rzepaku w układach termoperiodyzmu dobowego*. Ogólnopolska Konferencja „Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych”. Kraków, 23–25 XI 1995.
59. MARKOWSKI A., RAPACZ M. 1995. *Wrażliwość tkanki kalusowej różnych odmian rzepaku ozimego (Brassica napus ssp. oleifera) na temperatury mrozowe*. Cz. I. *Wpływ temperatur chłodowych na wzrost masy, morfologię i odporność na mróz tkanki kalusowej odmian Górczańsk*, w: *Zastosowanie kultur in vitro w fizjologii roślin*. Dubert F., Skoczowski A. (red.), ZFR PAN, Kraków (ISBN 83-86878-01-0): 243–250.
60. MARKOWSKI A., RAPACZ M. 1995. *Wrażliwość tkanki kalusowej różnych odmian rzepaku ozimego (Brassica napus ssp. oleifera) na temperatury mrozowe*. Cz. II. *Następczy wpływ temperatur hartowania na wzrost świeżej masy dwóch form rzepaku o różnej mrozoodporności*, w: *Zastosowanie kultur in vitro w*

fizjologii roślin. Dubert F., Skoczowski A. (red.), ZFR PAN, Kraków (ISBN 83-86878-01-0): 251–254.

61. MARKOWSKI A., RAPACZ M. 1995. Wrażliwość tkanki kalusowej różnych odmian rzepaku ozimego (*Brassica napus ssp. oleifera* na temperatury mrozowe. Cz. III. Następczy wpływ temperatur testowania mrozoodporności na wzrost świeżej masy 8 odmian rzepaku, w: *Zastosowanie kultur in vitro w fizjologii roślin*. Dubert F., Skoczowski A. (red.), ZFR PAN, Kraków (ISBN 83-86878-01-0): 255–260.
62. MARKOWSKI A., SKRUDLIK G. 1995. Wpływ temperatur chłodowych, zawartość ATP w liściach i intensywność fotosyntezy siewek kukurydzy przy ciągłym lub zmiennym w ciągu dnia działaniu temperatur chłodowych. 50 Zjazd PTBot., Kraków, 26 VI–1 VII 1995.
63. MARKOWSKI A., SKRUDLIK G. 1995. *Electrolyte leakage, ATP content in leaves and intensity of net photosynthesis in maize seedlings at permanent or different daily exposure to chilling temperatures*. J. Agron. Crop. Sci. 175: 109–117.
64. KOŚCIELNIAK J., MARKOWSKI A., SKRUDLIK G., FILEK M. 1996. *Effects of some periods of variable daily exposure to temperature of 5 EC and 20 EC on certain physiological processes in maize seedlings*. Photosynthetica 32: 53–61.
65. RAPACZ M., MARKOWSKI A. 1999. *Winter hardiness, frost resistance and vernalization requirement of European winter oilseed rape (*Brassica napus var. oleifera*) cultivars within the space of last 20 years*. J. Agron. Crop. Sci. 183: 243–253.

Słowa kluczowe: Adam Markowski, rozwój generatywny roślin, wernalizacja, mrozoodporność, neutralizacja spalin, metabolizm kwasów nukleinowych, enzymy nukleolityczne, mechanizmy plonowania roślin uprawnych, kondycjonowanie nasion, chłód a skład błon komórkowych

Streszczenie

Naukowa aktywność Profesora Adama Markowskiego obejmuje okres niemal 50 lat (od 1952 do 1999 roku). W tym okresie opublikował on 65 publikacji, nie licząc wielu komunikatów konferencyjnych.

Jego zainteresowania objęły wiele dziedzin z szeroko rozumianej fizjologii roślin. W pierwszych latach zajmował się dynamiką wernalizacji pszenicy ozimej, a jego prace przyczyniły się do negatywnej weryfikacji stadialnej teorii rozwoju roślin. W kolejnych pracach opisał fizjologiczne i metaboliczne procesy towarzyszące wernalizacji i różnicujące ozime i jare odmiany pszenicy. W ramach tych badań opisał metabolizm kwasów nukleinowych i enzymów nukleolitycznych podczas wernalizacji. Wszystkie odkryte różnice metaboliczne pomiędzy ozimymi i jarymi roślinami wykazały jednak ilościowy a nie jakościowy charakter.

Ważnym etapem badań było określenie ekofizjologicznych czynników warunkujących stopień wrażliwości blaszek liściowych różnych gatunków roślin uprawnych na uszkodzenia spowodowane obecnością dwutlenku siarki w powietrzu, jak również określenie możliwości ograniczenia szkodliwego działania tego

gazu po jego neutralizacji amoniakiem na nieszkodliwy aerozol, stanowiący czynnik dolistnego nawożenia roślin.

Kolejną dziedziną zainteresowań Profesora było zbadanie czynników kontrolujących dystrybucję asymilatów w roślinie i na tej podstawie określanie strategii formowania plonu u różnych odmian roślin uprawnych.

Profesor Markowski pracował także nad techniką kontrolowanego powolnego pęcznienia nasion (tzw. kondycjonowania) w celu ograniczenia wielkości uszkodzeń nasion i siewek następujących w wyniku pęcznienia i kiełkowania w warunkach chłodnej i wilgotnej gleby.

Ostatnim etapem jego pracy badawczej było badanie zmian w składzie błon komórkowych następujących w wyniku działania chłodu, a także pomiar elektrycznej przewodności dyfuzatów tkankowych jako miary wielkości uszkodzeń chładowych.

Podsumowując, można stwierdzić, że badania prowadzone przez Profesora Markowskiego rozszerzyły naszą wiedzę w wielu kierunkach fizjologii roślin uprawnych.

1

SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF PROFESSOR ADAM MARKOWSKI

Franciszek Dubert¹, Władysław Filek²

¹ Department of Plant Physiology, Polish Academy of Sciences, Kraków

² Chair of Plant Physiology, Department of Agriculture, Agricultural University, Kraków

Key words: Adam Markowski, plant generative development, vernalization, frost resistancy, neutralization of combustion gases, nucleic acid metabolism, nucleolytic enzymes, mechanisms of crop formation, seed conditioning, cold and the composition of plant cell membranes

Scientific activity of Professor Adam Markowski covers a period of almost 50 years (from 1952 until 1999). During this time he published 65 scientific papers apart from numerous short communications from scientific conferences.

His scientific works cover numerous fields of the general crop plant physiology. During his early works he studied the dynamics of vernalization of winter wheat plants, and these investigations contributed to negative verifying of the so-called stadial theory of plant development. In following studies he described the physiological and metabolic processes accompanying vernalization and differentiation of winter and spring wheat cultivars. In the frame of the studies he described the metabolism of nucleic acids as well as the nucleolytic enzymes that took place during vernalization of winter wheat. Unfortunately all the metabolic differences between winter and spring plants were of quantitative but not qualitative nature.

An important stage of his investigations was establishing ecophysiological factors that control the sensitivity level of leaf blades of various crop species to injury caused by the presence of sulfur dioxide in atmosphere as well as description of the perspectives of the limitation of the pollutant concentration in the

air after neutralisation with ammonia and forming harmless aerosol being also a plant leaf fertilizer.

Another topic of Professor's studies was investigation of factors controlling the assimilates distribution to particular plant organs and on that way describing the specific strategy used by various cultivars of crop plants.

Professor Markowski also worked on the technique of controlled and slow seed imbibition (called also conditioning) as the method that limits the seed and seedling injury taking place as a result of the imbibition and germination in cold and wet soil.

The final stage of his scientific activity was the study of changes in composition of cell membranes being a result of the cold, and also measurements of the electric conductivity of tissue diffusates as the measure of cold injures in these membranes.

To sum up, we can say that the research conducted by Professor Markowski have extended our knowledge in numerous disciplines of crop plants physiology.

Prof. dr hab. Franciszek **Dubert**
Zakład Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Podłużna 3
30-239 KRAKÓW
e-mail: f.dubert@zfr.pan.krakow.pl

Prof. dr hab. Władysław **Filek**
Katedra Fizjologii Roślin
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
ul. Podłużna 3
30-239 KRAKÓW
e-mail: rrfilek@cyf-kr.edu.pl