

Prof. dr hab. Tadeusz Michalski  
em. pracownik Katedry Agronomii  
Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Radosława Grychowskiego pt.:

**„Łączne stosowanie metod mechanicznych i chemicznych w  
ochronie kukurydzy przed zachwaszczeniem”**

Przedłożona do oceny praca wykonana została w Instytucie Ochrony Roślin Państwowym Instytut Badawczy w Poznaniu, pod kierunkiem dr hab. Romana Kierzka, prof. IOR-PIB i promotora pomocniczego dr Sylwii Kaczmarek.

**1. Ocena problematyki badawczej pracy.**

Kukurydza w ostatnich latach stała się trzecią co do ważności rośliną uprawną w Polsce. Z powierzchnią blisko 1,3 mln ha, ustępuje tylko pszenicy i minimalnie pszenżytu. Ze względu na specyfikę rozwoju, podstawowe zagrożenie dla upraw kukurydzy stanowią chwasty. Dotychczasowa praktyka wykazała, że najpewniejszą i względnie najtańszą metodą eliminacji konkurencji chwastów jest metoda chemiczna. Aktualnie jednak stosowanie chemicznych środków ochrony roślin podlega coraz większej krytyce. Uważa się, że wywierają one niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt oraz stanowią zagrożenie dla organizmów pożytecznych. Skutkiem tego w ostatnich latach z rynku wycofuje się coraz więcej substancji czynnych wykorzystywanych do produkcji herbicydów, w tym zwłaszcza środków dłużej działających czy preparatów doglebowych. Ograniczenia w asortymencie dopuszczonych do stosowania środków rodzą szereg problemów, w tym m.in. mniejszą skuteczność zwalczania, częstsze pojawianie się tzw. zachwaszczenia wtórnego, jak też narastanie zjawiska uodparniania się chwastów na jednostronne stosowanie substancji czynnych. Wszystkie te czynniki zmuszają producentów kukurydzy do modyfikacji stosowanych zabiegów, ograniczania ilości zużywanych ŚOR jak też poszukiwania nowych metod i strategii wykonywania zabiegów ochrony swoich upraw przed chwastami.

Jednym ze znanych, ale rzadko stosowanych rozwiązań jest połączenie metody mechanicznej i chemicznej. Dzięki pasowej aplikacji herbicydów w rzędach ogranicza się ilościowe i powierzchniowe zużycie środków ochrony roślin, zaś mechaniczne pielenie



niszczy chwasty w międzyrzędziach i poprawia strukturę gleby. Metoda taka jest polecana w integrowanych metodach zwalczania chwastów w kukurydzy, jednakże nie jest ona dopracowana i w praktyce nastęrcza szereg trudności.

Mgr inż. Radosław Grychowski jako cel badań obrał poszukiwania optymalnych rozwiązań pasowego stosowania agrochemikaliów połączonego z opielaniem międzyrzędzi. W postawionej hipotezie roboczej Autor zakłada, że integrowane mechaniczno-chemiczne metody ochrony kukurydzy dają możliwość znaczącego obniżenia zużycie herbicydów, na skutek: pasowej ich aplikacji, zmniejszonych dawek i dodatków nawozów do dolistnego dokarmiania kukurydzy. Założył także, że powschodowe dwukrotne zabiegi chwastobójcze skutecznie ograniczą występowanie wtórnego zachwaszczenia.

Doktorant podjął zatem temat bardzo aktualny zarówno dla nauki jak i praktyki rolniczej. Sytuacja wymaga bowiem szukania skutecznych metod ochrony kukurydzy przed zachwaszczeniem, które są też przyjazne dla środowiska i zgodne z zasadami integrowanej ochrony roślin.

## 2. Ocena układu pracy

Przedłożona do oceny praca obejmuje 138 stron maszynopisu, w tym 30 tabel i 45 rycin. Praca składa się z 9 rozdziałów, uszeregowanych w sposób logiczny i adekwatny do zawartej treści. Rozdziały zamieszczono w następującej kolejności: *Wstęp; Cel badań i hipoteza; Przegląd literatury; Metodyka i zakres badań; Wyniki; Dyskusja wyników; Wnioski; Streszczenie oraz Bibliografia.*

We *Wstępie*, Autor przedstawia aktualne uwarunkowania i zagrożenia uprawy kukurydzy w Polsce i jej ochrony, stanowiące tło podjętej problematyki badawczej. Cel badań i hipotezy robocze konsekwentnie wynikają z problematyki omówionej we wstępie, a dodatkowo przekonująco uzasadnione są w omówieniu literatury tematu.

Rozdział *Przegląd literatury* jest obszerny i liczy 28 stron. Składa się z czterech podrozdziałów i kilkunastu wyodrębnionych w tekście zagadnień szczegółowych. Autor przedstawił najważniejsze informacje dotyczące znaczenia kukurydzy, jej miejsca w zmianowaniu oraz zagadnień integrowanej uprawy i ochrony kukurydzy. W kolejnym podrozdziale omówiono metody monitoringu, oceny zagrożenia i systemy wspomagania decyzji. Ta część przeglądu jest bardzo interesująca i stanowi dobre wprowadzenie do badań nowoczesnych metod teledetekcji. Zagadnienia zawarte w tym rozdziale zostały

wyczerpująco omówione w oparciu o aktualne pozycje piśmiennictwa krajowego i zagranicznego.

Rozdział Metodyka i zakres badań dostarcza podstawowych informacji odnośnie szczegółów badań. W części pierwszej opisano stosowane w doświadczeniu środki ochrony i nawozy dolistne oraz metody analizy cech użytkowych cieczy roboczych: wskaźniki dynamicznego i statycznego napięcia powierzchniowego oraz wskaźnik rozlania kropel. W części dotyczącej badań polowych opisano miejsce i sposób założenia doświadczenia oraz urządzenia do przeprowadzenia polowych zabiegów ochrony roślin. Przedstawiono metodykę analiz polowych tj.: analizy zachwaszczenia, oceny rozwoju roślin i oraz analiz ilościowych i jakościowych uzyskanych plonów.

Podstawową część pracy stanowią wyniki badań, które zostały przedstawione w 25 tabelach i 40 rycinach. Przedstawiona w tym rozdziale obszerna dokumentacja określająca zmiany w zachwaszczeniu, plonowaniu i jakości ziarna pod wpływem pasowego opryskiwania w porównaniu do aplikacji na całą powierzchnię, nadaje pracy charakter kompleksowy i stanowić może źródło wiedzy odnośnie przydatności poszczególnych zabiegów oraz możliwościach poprawy efektywności opryskiwania.

W rozdziale „Dyskusja” dokonał Autor porównania uzyskanych, w pełni oryginalnymi rezultatów badań własnych z literaturą krajową i zagraniczną. Przytaczając liczne opracowania z literatury tematu, mgr Grychowski umiejętnie wychwycił i zaakcentował rozbieżności i pytania, na które dotychczas wykonane badania nie dają jednoznacznej odpowiedzi. Rozdział ten świadczy, że Autor zna literaturę krajową i zagraniczną oraz posiada umiejętność dyskusji naukowej. Spis literatury jest stosunkowo obszerny i obejmuje 145 pozycji związanych tematycznie z podjętym problemem badawczym. W tym zestawie prace autorów zagranicznych stanowią ok. 35% (49 pozycji).

Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi zwartą całość i zawiera wszystkie niezbędne informacje i treści, obrazujące kształtowanie się wyników w zależności od obiektów badawczych. Napisana jest poprawnym i rzeczowym językiem. Wnioski kończące opracowania, mają charakter wniosków opisowych i znajdują uzasadnienie w wynikach badań, przedstawionych we wcześniejszych rozdziałach rozprawy.

### **3. Ocena merytoryczna pracy**

Dysertację oparto na wynikach doświadczeń laboratoryjnych i polowych prowadzonych w latach 2014-2018. Badania parametrów cieczy użytkowych prowadzono w



laboratorium IOR PIB w Poznaniu, zaś doświadczenia polowe Polowej Stacji Doświadczalnej IOR PIB w Winnej Górze k. Poznania.

Autor jako cel badań obrał poszukiwania przyjaznych dla środowiska metod ochrony kukurydzy przed zachwaszczeniem, zgodnych z zasadami integrowanej ochrony roślin. Przedstawiona praca świadczy o dużej wiedzy teoretycznej w zakresie zagadnień ochrony roślin jak i znajomości praktycznych problemów rolnictwa. Oprócz interesującego doboru herbicydów, dawek i terminów stosowania, pozwalającego wybrać odpowiednie kombinacje o dobrej skuteczności i trwałości działania, Autor wprowadził też nawozy dolistne - stosowane razem z herbicydami w obniżonych dawkach. Zwykle do wzmacniania działania herbicydów stosuje się specjalistyczne adiuwanty, zaś nawozy dolistne daje się później, by wspomagały rozwój roślin. Zastosowanie typowych nawozów dolistnych jako elementu zwiększającego skuteczność stosowanych herbicydów uznaję jako istotne novum, które łatwo też może znaleźć zastosowanie w praktyce.

Analiza skuteczności odchwaszczania przedstawiona została w oparciu o szczegółową analizę występowania chwastów, prowadzoną oddzielnie dla rzędów i międzyrzędzi każdego poletka. Pozwoliło to oddzielnie ocenić zachwaszczenie w rzędach (po zastosowaniu chemicznej ochrony) jak i między rzędami - odchwaszczanie mechaniczne. Opracowanie cechuje się pełną dokumentacją wyników w formie tabel i rysunków oraz dobrze przeprowadzoną analizą statystyczną. Wykazane zmiany w zachwaszczeniu dobrze korelowały z wynikami oceny wielkości biomasy kukurydzy i plonami ziarna. Przeprowadzona przez Autora analiza zależności metodą składowych głównych (PCA) wykazała jednoznacznie, że parametry ilościowe i jakościowe kukurydzy były we wszystkich latach ujemnie skorelowane z wielkością zachwaszczenia. Tą część pracy należy uznać za bardzo ważny i oryginalny dorobek Autora, pogłębiający naszą wiedzę o wpływie różnych czynników na wielkość zachwaszczenia i plonowanie kukurydzy.

Warto zwrócić tu uwagę, że na obiekcie kontrolnym we wszystkich latach występowały różnice w zachwaszczeniu rzędów i międzyrzędzi. Nie były wprawdzie istotne statystycznie, ale w każdym przypadku w rzędach w pobliżu kukurydzy chwastów było mniej. Warto byłoby podjąć próbę dodatkowych analiz tej zależności, która świadczyć może o konkurencyjności roślin kukurydzy (mimo tak młodego stadium) względem chwastów. Danych na ten temat w literaturze światowej jest stosunkowo niewiele.

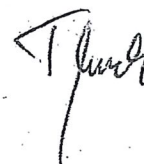
Skuteczna walka z patogenami nie jest możliwa bez monitoringu plantacji. Doktorant szczegółowo przedstawił problemy przed jakimi stają systemy wspomagania decyzji i możliwości jakie daje nowa w ujęciu rolniczym metoda teledetekcji prowadzona za pomocą



dronów. Autor na podstawie danych literaturowych jak też tempa rozwoju technicznego urządzeń obserwacyjnych wskazuje, że w niedalekiej przyszłości teledetekcja może zastąpić bezpośrednie obserwacje polowe, pozwalając na szybkie określenie zagrożeń, ocenę skuteczności wykonania zabiegów, jak też rozwój rolnictwa precyzyjnego. Mgr Grychowski przygotowując się do testowania przydatności kilku metod teledetekcji do oceny zachwaszczenia i parametrów roślin kukurydzy przestudiował problem i opisał podstawowe różnice i zalety sześciu rodzajów wskaźników teledetekcyjnych: GRVI, GNDVI, NDVI, SAVI, SR (RVI) oraz DVI - bazujących na zestawieniu obrazów w podczerwieni i o różnych barwach światła. Docenić należy też przygotowanie od strony technicznej: teledetekcję prowadzono za pomocą dwóch nowoczesnych statków powietrznych: dronu FENIX na bazie płatowca z silnikiem typu pchającego oraz wielowirnikowca Yuneec Typhon H520 – każdy z możliwością zastosowania różnego typu kamer. Powyższe informacje świadczą o dobrym rozeznaniu Autora w nowoczesnych technikach teledetekcyjnych, które odgrywać będą coraz większą rolę w procesach wspomagania decyzji.

Wykryte korelacje między analizą spektralną i parametrami polowymi roślin, wykorzystano do wyboru najlepszego wskaźnika. Autor stwierdził że przypadku kukurydzy najlepszym wskaźnikiem może być DVI (Difference Vegetation-Index) opierający się na widmowej różnicy bliskiej podczerwieni i fali światła czerwonego. Do walidacji różnych sposobów teledetekcji, wykorzystane zostały testowane w doświadczeniu polowym metody ochrony kukurydzy i zróżnicowane stany zachwaszczenia i rozwoju roślin. Dało to możliwość bezpośredniego porównania wyników takich różniących się diametralnie metod. Uważam, że jest to ważny element wyróżniający tę pracę spośród innych wcześniejszych i zasługuje na szczególne podkreślenie,

Reasumując, chciałbym zaakcentować obszerność zebranego materiału dowodowego, co przy założonym celu pracy ma znaczenie fundamentalne. Wynikowa część pracy stanowi cenny materiał, który może być wykorzystany przy formułowaniu uogólnień dotyczących wymagań technicznych i ustawień opryskiwaczy działających pasowo. Praca wnosi nowe elementy wiedzy w zakresie badań nad optymalizacją techniki odchwaszczania kukurydzy oraz zastosowania teledetekcji w monitoringu plantacji. Uzyskane wyniki pracy są interesujące z naukowego punktu widzenia, mają też duże znaczenie użytkowe.



#### 4. Uwagi do pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska stanowi zwartą całość i zawiera wszystkie niezbędne informacje i treści, które dobrze uzasadniają i dokumentują przedstawione wnioski. W starannie przygotowanym maszynopisie znalazły się pewne usterki i niedomówienia, które są przyczyną uwag i wątpliwości, jakie nasuwają się w trakcie czytania pracy. Traktując poniższe wypunktowane uwagi po części jako dyskusyjne, proponuję Autorowi zwrócić uwagę na:

4.1. Doświadczenie polowe założono jako jednoczynnikowe w układzie bloków losowanych. W pracach badawczych najważniejszą z informacji jest klarowny opis poszczególnych kombinacji. Dobrym pomysłem jest - dla łatwiejszego ogarnięcia całości obrazu - przedstawienie ich w formie tabeli - tu tab. nr 4. W aktualnym układzie tabela ta jest jednak dość nieczytelna - sugeruje wręcz że doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie zależnym. Uważam, że w związku z dość skomplikowanym układem i liczbą zabiegów, najpierw powinno się umieścić ponumerowany wykaz kombinacji ze słownym opisem, a potem tabelę - jako pomocniczą do opisu. Odnośnie samej tabeli należałoby ją poprawić (uzupełnić):

- tytuł wskazane byłoby zmienić na: „Zabiegi zwalczania chwastów i nawożenia stosowane w ramach dziewięciu kombinacji doświadczalnych”
- zamiast Lp. (Liczba porządkowa ??) powinno być: Nr kombinacji badawczej
- w odpowiednich kratkach gdzie występuje zabieg opielania mechanicznego należy go wpisać słownie lub skrótem (dla kombinacji 1-4 w terminach T1 i T2).
- niepotrzebny drugi podtytuł T1 i T2 w połowie tabeli
- błąd w dawce herbicydu w kombinacji 4 ?

4.2. Nie do końca jasne jest jaka była w doświadczeniu polowym szerokość i powierzchnia pojedynczego poletka oraz w jaki sposób poletka były rozłożone na polu. Wg opisu na stronie 43 - poletka miały długość 21 m i szerokość 3,75 m, co stanowiło 78,75 m<sup>2</sup>. W związku z powyższym rodzi się kilka pytań, na które nie ma wyjaśnienia w pracy.

- Dlaczego poletka były tak duże, jeśli do oceny zachwaszczenia, plonu etc. wystarczyłoby kilkanaście metrów kwadratowych?

- Jeśli szerokość poletka wynosiła 3,75 m, oznacza to że było na nim 5 rzędów kukurydzy w rozstawie 0,75 m. Tymczasem na str. 46-47 opisano, że stosowano pielnik 3-rzędowy z opryskiwaczem pasowym pracującym na 4 rzędach, czyli na 3 metrach szerokości poletka. Podobnie, odnośnie opryskiwania całopowierzchniowego mówi się o urządzeniu

wyposażonym w 4 rozpylaczce. Jaka była jego szerokość robocza. Wyliczyłem, że było to ok. 3 m. Czy słusznie i jak to ma się do podanej szerokości 3,75 czyli 5 rzędów na poletku ??

- Przyjęte jest, że w metodyce doświadczenia polowego zamieszcza się graficzny schemat rozlosowania poletek na polu.

4.3. Analizując opis w metodyce zauważyłem, że sposób wyliczenia plonu obarczony jest pewnym błędem. Podano tam, że z każdego poletka pobrano 2x po 10 kolb z kolejnych roślin; kolby po wysuszeniu omłócono. Plon ziarna wyliczono przeliczając masę ziarna na hektar wg obsady roślin realizowanej podczas siewu. W takim przypadku rzeczywiste powierzchnie z której pobrano próby kolb raczej nie były identyczne. Na odcinku rzędu z którego brano 10 kolejnych kolb mogły wystąpić wypady (braki) roślin lub wyrosnąć 1-2 rośliny pozbawione kolb – co oznacza że długość tego odcinka była większa od teoretycznej. Zwracam na to uwagę z obowiązku Recenzenta i warto o tym pamiętać przy realizacji dalszych prac. W tym przypadku był to błąd systematyczny obciążający wszystkie kombinacje i zapewne nie wpływało to zbyt silnie na zmianę rzeczywistej wielkości plonu. Ponadto uzyskane przez Autora różnice w plonach między kombinacjami były stosunkowo duże, stąd ewentualne drobne odchylenia od plonów rzeczywistych nie zmieniały ostatecznego obrazu działania kombinacji badawczych.

4.4. W tekście dotyczącym analizy zachwaszczenia, kilkakrotnie omawiane są wartości średnie, których nie ma w tabelach 17-18. Utrudnia to percepcję treści i zrozumienie myśli Autora. Dla przykładu na str. 77 podaje się, że najwyższą skutecznością wśród zabiegów mechaniczno-chemicznych (średnio 61%) cechowała się kombinacja 3, a najniższą kombinacja 4 – ale dopiero na końcu akapitu można domyślić się, że trzeba sobie wyliczyć średnią z wartości dla rzędów i międzyrzędzi

4.5. Nie do końca uprawnione jest porównywanie skuteczności odchwaszczania (np. na str. 82) jako średniej dla czterech obiektów z opielaniem (1-4) i bez opielania (5-8). W pracy testowano 8 kombinacji ochronnych: cztery pasowo ze stosowaniem opielania i cztery na całą powierzchnię bez opielania. Niestety w pełni porównywalne są tylko po dwa z nich: (2) i (7), gdzie stosowano herbicyd A (50%) w terminie T1 + herbicyd B (50%) w T2 oraz dość podobne (3) i (8) z dodatkową aplikacją dwu nawozy. Patrząc z punktu widzenia praktyki szkoda, że nie udało się dołączyć do badań choćby jednej jeszcze kombinacji mechaniczno-chemicznej np. z pełną dawką Elumis 100 w T2 i dwa opielania w T1 i T2 (uwaga dyskusyjna).

4.6. Jeśli przyjąć moją uwagę zawartą w pkt. 4.3 i porównać tylko dwie pary zabiegów, to różnice w skuteczności odchwaszczania w rzędach między zabiegami mechaniczno-

chemicznymi i chemicznymi będą mniejsze (wartości 17,5 i 12%) zamiast 21 i 13% jak wyliczył Autor (str. 82). Nawiasem mówiąc, średnich tych także nie ma w tabelach i dociekliwy czytelnik musi wyliczyć je sam.

4.7. Zapisy w tytule i główce tabeli 19 (str. 87) dotyczą roku 2014, a podano wyniki dla 3 lat. Wynikło to prawdopodobnie ze scalenia oddzielnych tabel dla lat. Podobnie jest w tab. 21

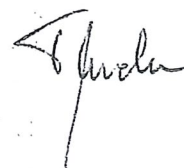
4.8. Na str. 87 wspomina się o pewnej różnicy we wzroście j objawach fitotoksyczności obserwowanych na kombinacji 5, jednakże w tab. 20 zawierającej ocenę bonitacyjną nie znalazło to odzwierciedlenia. Dokumentacja tego byłaby potrzebna tym bardziej, że Autor jeszcze dwukrotnie nawiązuje do tego problemu w dyskusji wyników. W tabeli 20 należałoby też wyjaśnić którą skalę bonitacyjną 1-9<sup>o</sup> zastosowano (wartość rolniczo najlepsza to 1 czy 9)

4.9. W podrozdziale dotyczącym plonowania i MTZ (str. 91-92) znaleźć można kilka istotnych błędów i sformułowań nieadekwatnych do wyników zawartych w tabelach. W tab. 21 znalazłem kilka istotnych uchybień: obok błędnego zapisu w tytule, znalazł się też mylący lub błędny (?) zapis istotności różnic dla plonu w roku 2014: we wszystkich tabelach literka „a” oznacza grupę najniżej sklasyfikowaną, a w tym przypadku zapis jest odwrotny. Ponadto literowe oznaczenia istotności różnic dla masy 1000 ziaren w roku 2015 nie współgrają z układem rzeczywistych wartości MTZ. W opisie znalazło się także stwierdzenie, że w latach 2014 i 2017 plony były stabilne i bez istotnych różnic – tymczasem dotyczy to MTZ, zaś w plonach w każdym z lat (wg tabeli 21) wystąpiły znaczne i istotne różnice.

4.9. Uważam, że w większym stopniu w opisach należałoby wykorzystać wykresy wskazujące średnią i rozrzut wyników. Dość oszczędny jest opis plonów, MTZ i parametrów jakościowych – warto większą uwagę zwrócić na miary istotności statystycznej i zakres zmienności w poszczególnych latach.

4.10. O ile bardzo wysoko oceniam podjęcie tematu, szczegółową metodykę i opis uzyskanych wyników odnośnie użycia analizy spektralnej i różnych metod teledetekcji do oceny roślin kukurydzy i zachwaszczenia, to pewien niedosyt budzi marginalne potraktowanie tej tematyki w dyskusji wyników. Dobrze że dwa spośród przedstawionych w pracy wniosków dotyczą tego zagadnienia.

4.11. Interesujące były badania parametrów cieczy opryskowych i dobre graficzne przedstawienie uzyskanych wyników z uwzględnieniem miar statystycznych. Różnice nie były wprawdzie jednoznaczne, ale nie wspomina się o tych zagadnieniach w dyskusji wyników i wnioskach. Szkoda, bo częściowo tłumaczą one np. lepszą skuteczność Maister





Power 42,5 OD stosowanego razem z nawozami (dodatni efekt nie tylko z tytułu lepszego odżywienia roślin)

## 5. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazuje też na dużą wiedzę i umiejętność Autora prowadzenia pracy naukowej. Obszerne badania polowe i laboratoryjne przeprowadzono metodycznie poprawnie, również opracowanie statystyczne nie budzi zastrzeżeń. Wyniki omówiono i przedyskutowano z literaturą w sposób profesjonalny, wnioski logiczne.

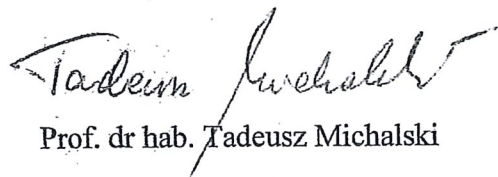
**Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa pt.:**

**„Łączne stosowanie metod mechanicznych i chemicznych w ochronie kukurydzy przed zachwaszczeniem”**

**spełnia wymagania stawiane w art. 187 Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 ( Dz. U. 2018, nr 65, poz. 1668).**

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Ochrony Roślin Państwowego Instytut Badawczy w Poznaniu o dopuszczenie mgr inż. Radosława Grychowskiego do dalszego etapu przewodu doktorskiego.

Poznań, 2020-04-14



Prof. dr hab. Tadeusz Michalski