

MINERAL ENGINEERING (AGROMINERALOGY) IN THE USE OF MINERALS AS PLANT PROTECTION AGENTS

Inżynieria mineralna (agromineralogia). Wykorzystanie minerałów jako środków ochrony roślin.

Maciej Pawlikowski *

*/ Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, Akademia
Górniczo-Hutnicza al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków. e-mail: mpawlik@agh.edu.pl

Abstract

Grapes of the Sibona and Regent varieties, affected by mold, underwent mineralogical and chemical studies. Observations were described. Experimental studies were carried out where the fungus (*Neonectria galligena* strain) was cultivated on mineral substrates. It was determined that some mineral mixtures inhibit fungal growth, which may encourage the use of certain minerals as plant protection agents.

Key words: agromineralogy

Streszczenie

Wykonano badania mineralogiczne i chemiczne winogron gatunku Sibona i Regent objęte procesem pleśnienia. Opisano zaobserwowane zjawiska, przeprowadzono eksperymentalne badania polegające na hodowli grzyba (szczep *Neonectria galligena*.) na podłożach mineralnych. Stwierdzono, że niektóre mieszanki mineralne wstrzymują rozwój grzyba, co może sprzyjać wykorzystaniu niektórych minerałów jako środków ochrony roślin.

Słowa kluczowe: agromineralogia)

Wprowadzenie:

Badania nad wykorzystaniem naturalnych minerałów w szeroko pojętym rolnictwie rozwijają się intensywnie (Ciesielska et al. 2011). Dotyczy to np. zastosowania minerałów do walki z chorobami pszczoł (Pawlikowski et al. 2016, 2017) jak też prób wykorzystania minerałów jako środków ochrony roślin (Rossman et al. 1999, Yoshihiro et al. 2002, Rehakova et al. 2004, Leggo et al. 2006, Wojkowiak-Gębala 2006). Stosowanie minerałów może być dosyć

skuteczne i perspektywiczne zwłaszcza z punktu widzenia skuteczności i ochrony szeroko pojętego środowiska. Wdrożenie technologii ochrony roślin przy pomocy minerałów wymaga współpracy biologów i rolników z mineralogami w ramach agromineralogii czyli nauki łączącej mineralogię z rolnictwem.

Material i metody badań

Badania prowadzono dwukierunkowo

Pierwsza seria badań dotyczyła badań biomineralogicznych szarej pleśni rozwiniętej na dwóch odmianach winorośli Sibona i Regent.

Druga grupa badań dotyczyła potencjalnego wykorzystania minerałów do walki z chorobami roślin. W tym celu w eksperymentach wykorzystano szereg minerałów oraz szczep *Neonectria galligena*.

Metody badań i materiał

Wstępne badania wykonano prowadząc obserwacje winogron przy pomocy lupy binokularnej produkcji PZO. Stosowano powiększenia do 100 x, a obserwowane obiekty dokumentowano mikrografiami.

Zasadnicze obserwacje i analizy chemiczne w mikroobszarze wykonano z wykorzystaniem Mikroskopu FEI QUANTA 200 FEG. Analizy szczegółowe miały charakter jakościowy. Wyniki analiz poszczególnych prób zestawiono w formie fotografii i na wykresach. Badania realizowano w trybie „low vacuum” przy napięciu katody 10 KV.

Druga część badań prowadzona była w szalkach Petrie’go. Umieszczono w nich sproszkowane minerały, na których prowadzono hodowle *Neonectria galligena* obserwując tempo i sposób jej rozwoju. Dla obiektywnego porównania wyników prowadzono hodowle kontrolną *Neonectria galligena* na podłożu neutralnym.

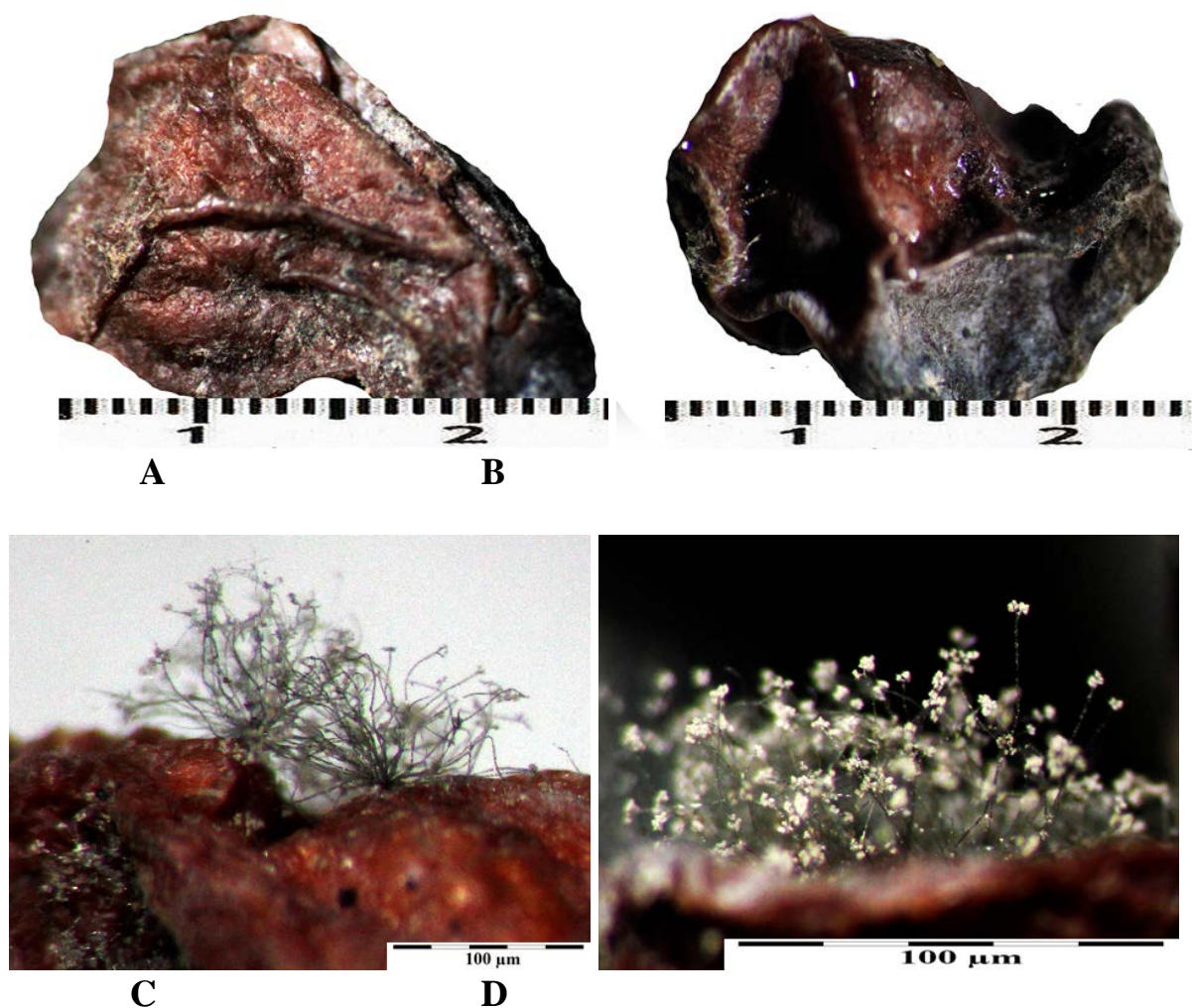
Część 1. Badania biomineralogiczne szarej pleśni

Pokrywanie się winogron pleśnią jest jedną z przyczyn odrzucania ich z handlu i spożycia. Tracą bowiem one swoje walory smakowe nie mówiąc o estetyce wyglądu. Grona zaatakowane ta pleśnią nie nadają się także do procesu fermentacji winnej. W związku z powyższym postanowiono rozpoznać proces i przyczyny rozwoju szarej pleśni. Badania wykonano na dwóch gatunkach winorośli Sibona i Regent.

Wyniki badań

Winogrono Sibona

Obserwacje prowadzone przy pomocy lupy binokularnej wskazują, że szara pleśń rozwija się szczególnie chętnie na powierzchni nieco podeschniętych i pomarszczonych gron (Fot. 1, A, B). „Krzaczki pleśni szczególnie chętnie rozwijają się w miejscach w których skórka gron jest pęknięta w związku z ich wysychaniem i defomacjami (Fot. 1, C, D).



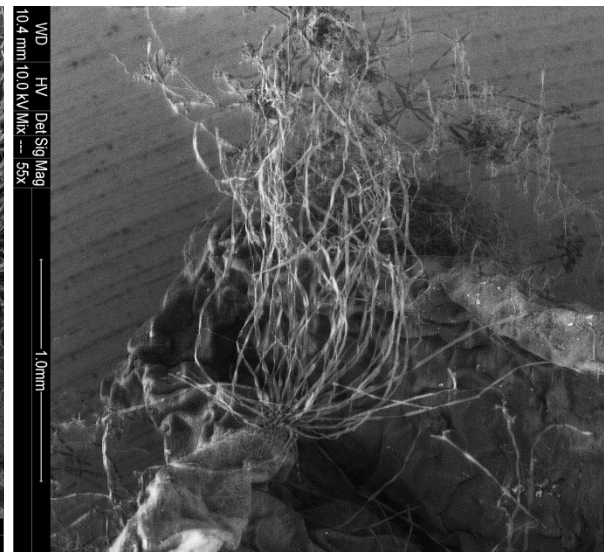
Fot. 1 A – schnące miejscami spękane grono pokryte różowymi nalotami. B - schnące grono z różowym lepkim sokiem winogronowym koncentrującymi się w morfologicznych zagłębieniach schnącego grona. C – „krzaczek” pleśni tworzący się na powierzchni schnącego grona w miejscu pęknięcia skórki. D – obraz pleśni rozwiniętej (zarodnikującej) na powierzchni schnącego grona. Mikrofotografie wykonane z użyciem lupy binokularnej.

Szczegóły rozwoju szarej pleśni są szczególnie dobrze widoczne w mikroskopie skaningowym gdzie obserwuje się szereg spękań skórki grona (Fot. 2, A) zaś w jej pęknięciach różne fazy rozwoju pleśni (Fot. 2 B).

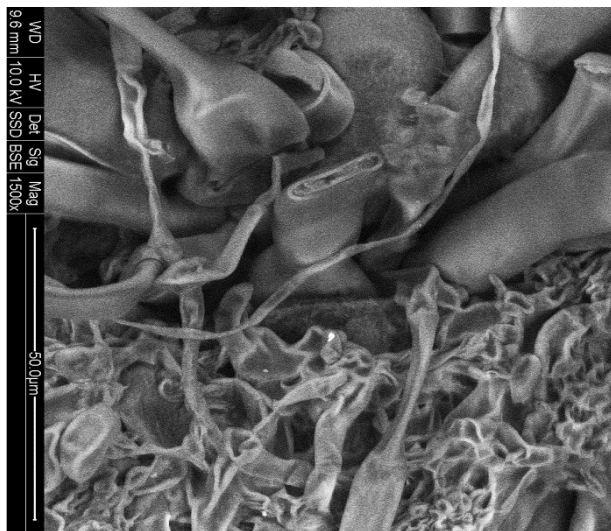
Badania pozwoliły także na szczegółowe obserwacje zarówno samych „gałązek”, w przekrojach także ich struktury wewnętrznej (Fot. 2 C, D) jak też zarodników (Fot. 2 E, F).



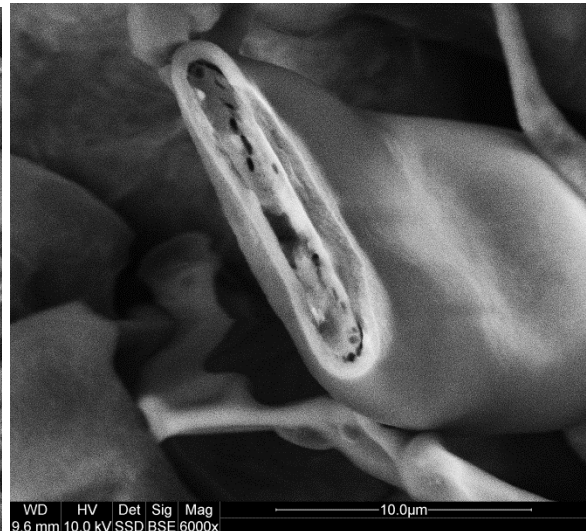
A



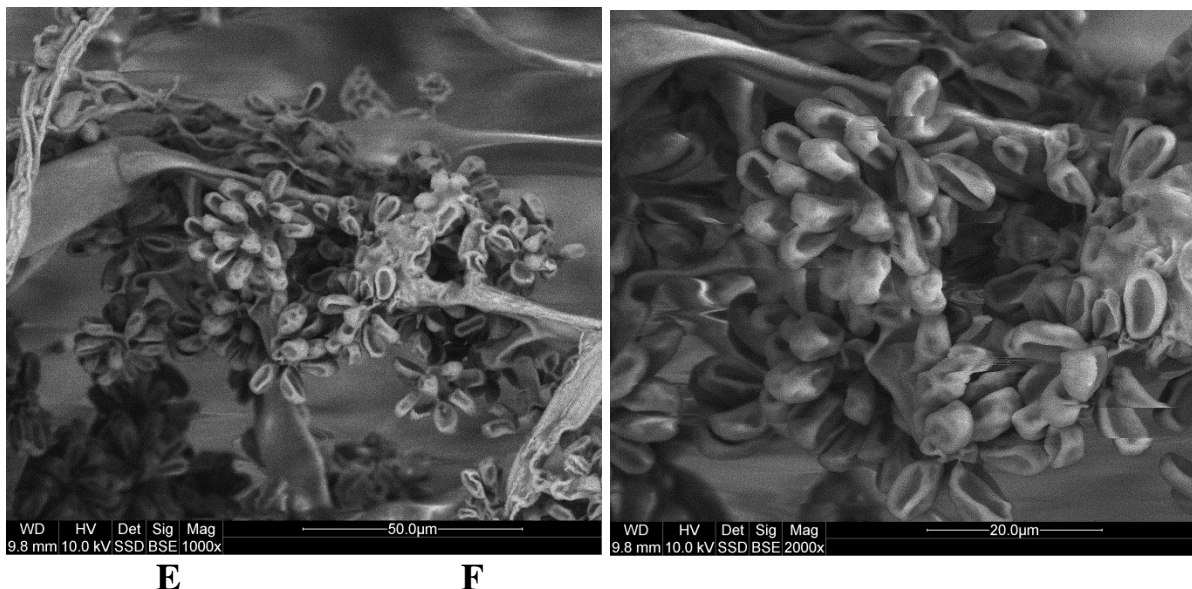
B



C



D



E F

Fot. 2 A – Spękana powierzchnia wysychającego i zdeformowanego grona winorośli Sibona. 1, 2 – miejsca wykonania analiz chemicznych EDS. B - „Krzaczek” szarej pleśni rozwijający się w pęknięcia skórki grona. C, D – struktura „gałązek” z „krzaczka”, szarej pleśni. E, F – zarodniki pleśni szarej. Mikroskop skaningowy, powiększenia wg. skali.

Wykonane metodą EDS punktowe analizy chemiczne wyschniętej i pomarszczonej skórki gron tego gatunku wskazują, że na jej powierzchni obecne są podwyższone zawartości fosforu, potasu siarki oraz krzemu (Fig. 1 A, B).

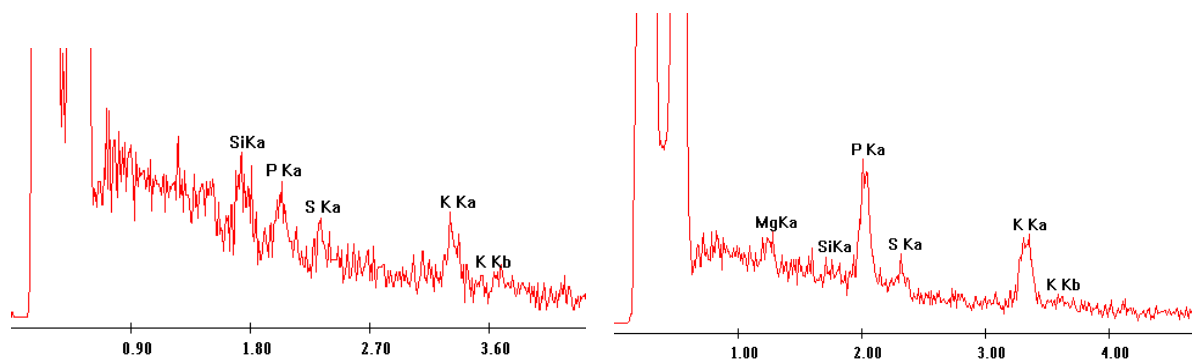


Fig. 1 Widma energetyczne EDS powierzchni skórki wysychającego winogrona Sibona w punktach 1 (A) i 2 (B) pokazanych na Fot. 2 A.

Porównanie widm EDS zdjętych ze spękanej skórki grona (Fig. 2- widmo czerwone) z widmem zdjętym ze skórki nie spekanego grona (Fig. 2- widmo niebieskie) ukazuje wyraźne podwyższenie się zawartości oznacznych pierwiastków na powierzchni grona podeschniętego i spekanego.

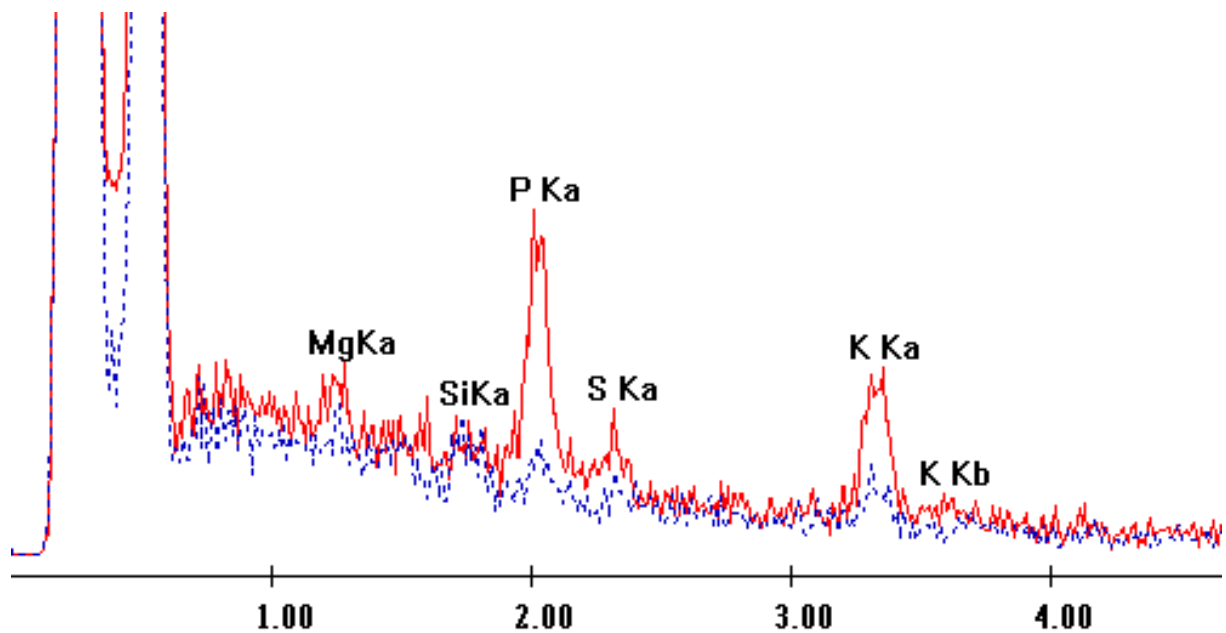
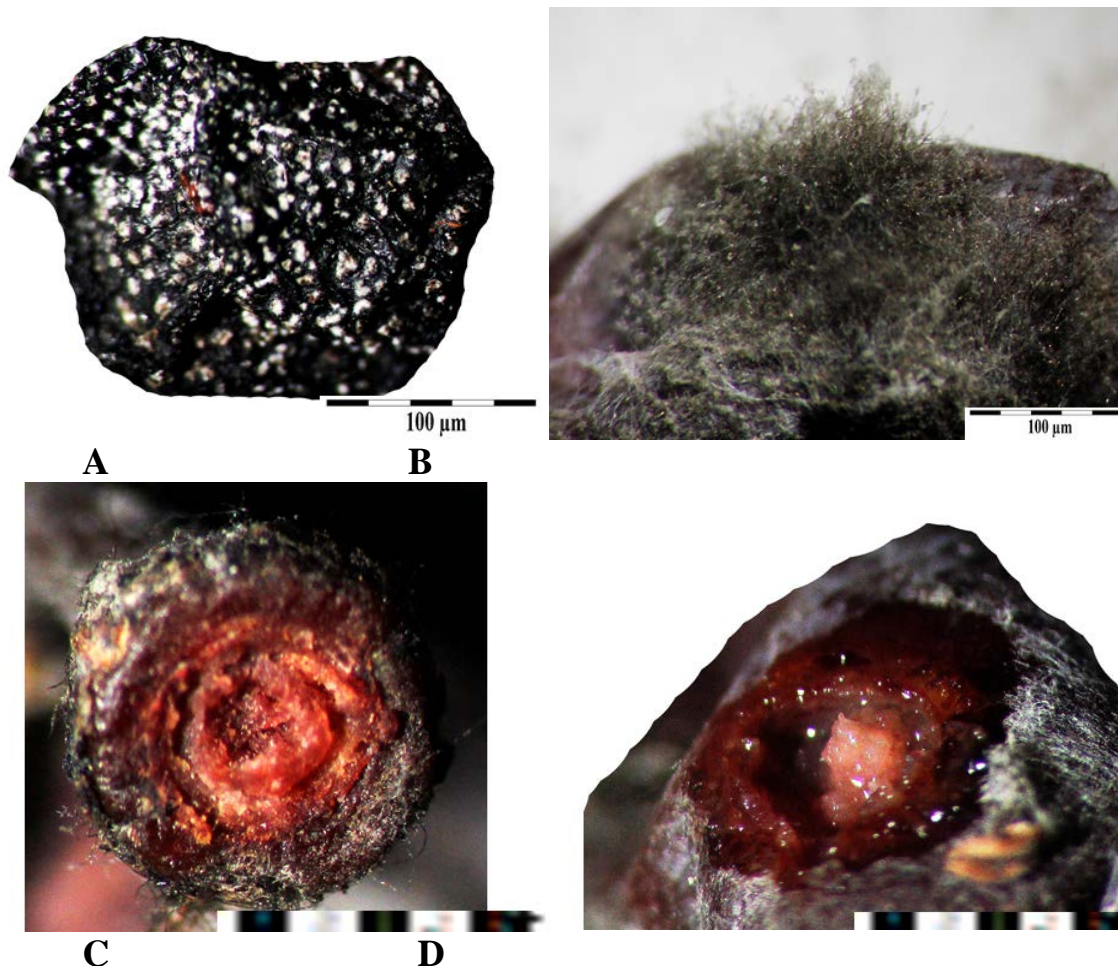


Fig. 3 Widma energetyczne EDS zdjęte z powierzchni gron winorośli Sibona. Grono podeschnięte i spękane – widmo czerwone, grono, ni podeschnięte i nie spękane – widmo niebieskie.

Winogrono Regent

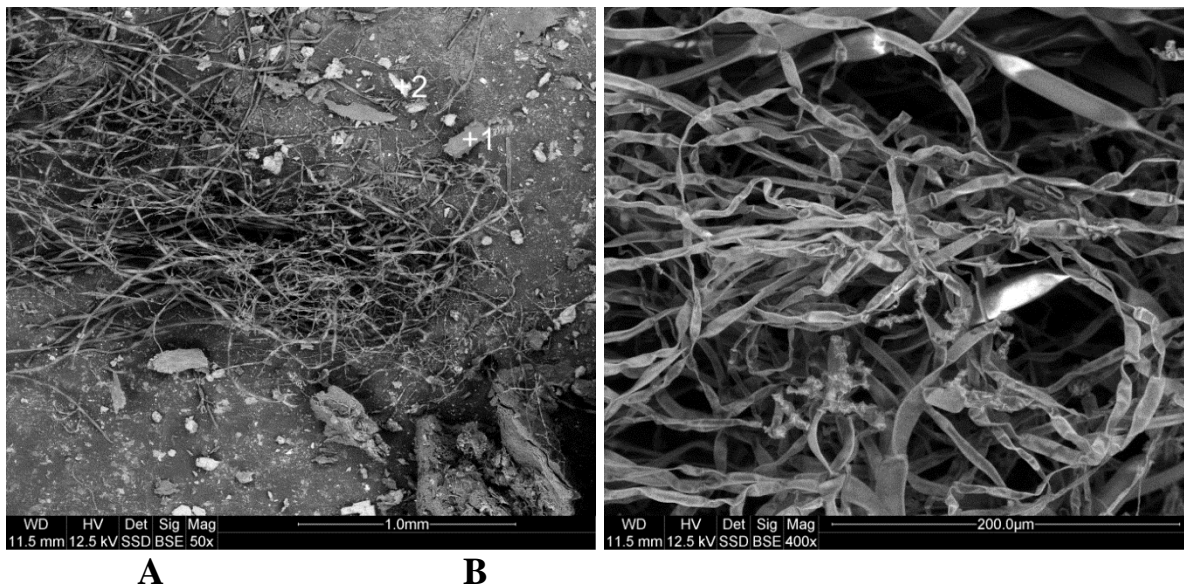
Obserwacje gron tego gatunku winorośli wskazuje na podobieństwo zjawisk rozwijającej się na nich szarej pleśni, choć sama pleśń ma inny charakter.

„Krzaczki” pleśni obserwowano także w miejscach podeschnięcia i spękania gron szczególnie w miejscach w których ich powierzchnia była pokryta kryształkami cukrów (Fot. 3 A, B). Interesujące okazały się także obserwacje kontaktu szypułki z gronem. Już przy niewielkich powiększeniach widoczna jest w tym miejscu, na szypułkach koncentracja czerwonych składników barwiących. Ich powstawanie w tym właśnie miejscu osłabia połączenie grona z szypułą i sprzyja jego oddzielaniu się grona od szypułki (Fot. 3 C). Zaobserwowano także na kontakcie grona z szypułą drobniutkie, połyskujące kryształki cukrów (Fot. 3 D). Ich wzrost w tym miejscu dodatkowo sprzyja oddzieleniu grona od szypułki.

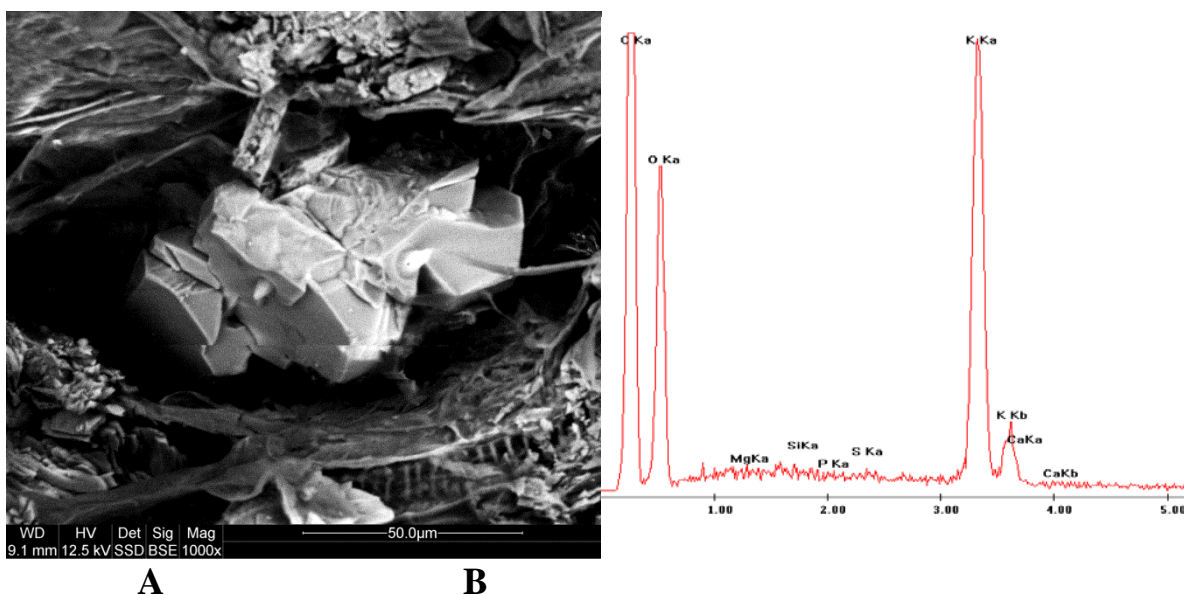


Fot. 2 A - powierzchnia schnącego grona pokryta jasnymi kryształkami cukrów i związku potasu. B - ‘krzaczek’ pleśni rozwijającej się na schnącym pękniętym w tym miejscu gronie. C - szypułka z rozwijającą się mineralizacją czerwonymi, organicznymi związkami zawierającymi żelazo. D - mineralizacja cukrami grona w miejscu oderwanej szypułki. Widoczne pobłyskujące mikro kryształki cukrów. Mikrofotografie wykonane przy pomocy lupy binokularnej.

Dalszych morfologicznych szczegółów budowy szarej pleśni na gronach winorośli Regent dostarczyły obserwacje prowadzone przy pomocy mikroskopu skaningowego. Wynika z nich (Fot. 3 A, B), że ta odmiana szarej pleśni rozwija się w miejscach gdzie na powierzchni podeschniętych gron skórka jest spękana, występują drobne kryształki cukrów oraz trudnych do identyfikacji mikrokryształów zawierających potas



Fot. 3 Powierzchnia podeschniętych gron winorośli Regent. A – szara pleśń rozwinięta w miejscu występowania mikrokryształów cukrów i związków potasu. 1, 2 – miejsca wykonania analiz chemicznych metodą EDS. B – struktura „gałązek” szarej pleśni widziana przy większym powiększeniu. Mikroskop skaningowy, powiększenia wg. skali.



Fot. 4 A – Kryształek organicznego związku zawierającego potas z powierzchni schnącego grona winorośli Regent. B – widmo energetyczne EDS kryształka pokazanego na fot. 4 A.

Analizy chemiczne (EDS) wykazały, że jasne kryształki pokrywające schnące grona to organiczne związku potasu (Fot, 4 A, B). Ich pochodzenie jest niejasne. Być może wiąże się z używanymi środkami ochrony roślin.

Szczegółowe badania kryształków cukrów z powierzchni gron winorośli regent wskazują także na występowanie w nich niewielkiej ilości potasu (Fig. 4). Towarzysza mu śladowe ilości magnezu, krzemionki, fosforu, siarki i wapnia. Ich obecność może być związana z pokrycie gron cienką warstwą „kurzu” mineralnego.

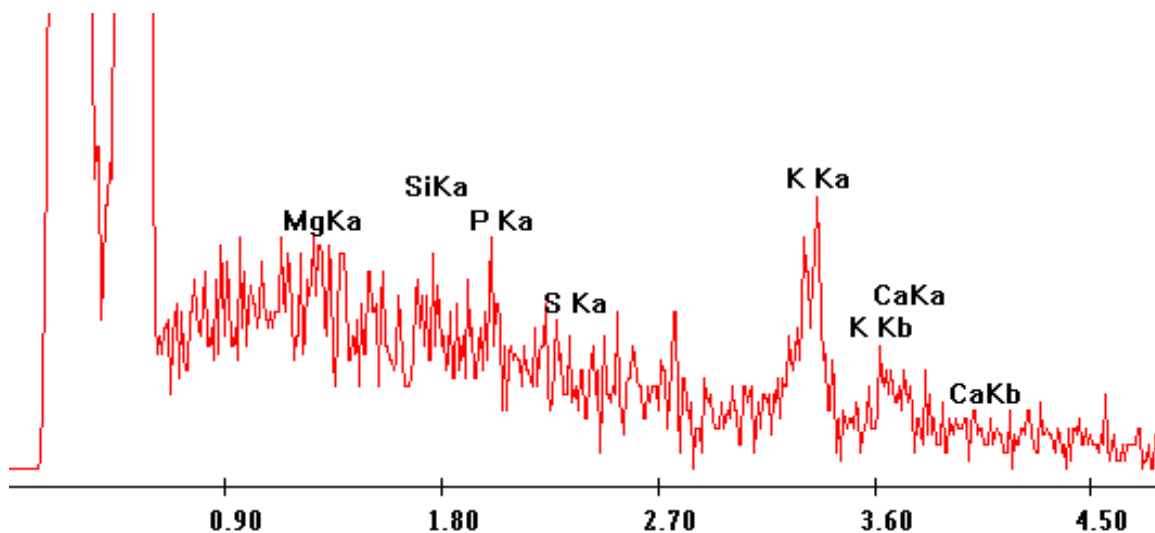


Fig. 4 Widmo energetyczne EDS mikrokryształka cukru z powierzchni grona Regent zawierającego domieszki potasu.

Podsumowanie badań - część A

Badania wykazały, że szara pleśń rozwija się szczególnie chętnie na winogronach w miejscach pęknięć skórki związanych z ich wysychaniem. Sok mocno dojrzałych gron, który wypływa w miejscach pęknięć skórki jest lepki i zarodniki pleśni łatwo się do niego przylepiają (Fig. 5). Sam sok, ze względu na wysoką zawartość cukru jest świetną pożywką dla rozijającej się pleśni.

Z soku wypływającego na powierzchni schnących gron krystalizują cukry, co zostało pokazane na mikrofotografiach SEM. Rozwijająca się bardzo szybko pleśń, która dochodzi do fazy wytwarzania zarodników może „zakazać” zarówno gron w tej samej kłosie. Unoszone wiatrem zarodniki mogą także opadać na inne kłosy winorośli a nawet na oddalone winnice.

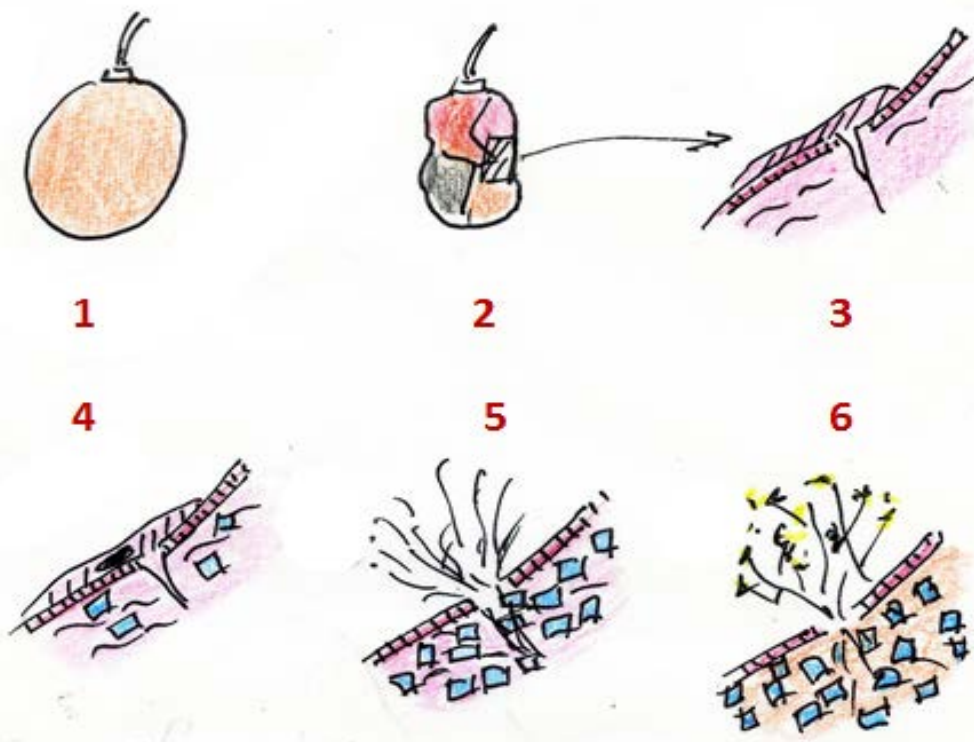


Fig. 5 - dojrzałe grono winorośli Sibona. 2 - proces wysychania grona, Zagęszczanie miąższu miejscami pęknięcie skórki i wydzielanie się soku na zewnątrz grona w miejscach pęknięcia. 3 - dalsze wysychanie grona. Krystalizacja cukrów w wysychającym gronie. 4 - możliwe przyłgnięcie zarodników (ciemna plamka) do lepkiej powierzchni grona w miejscu gdzie pokryte jest ono lepkiem, słodkim sokiem wydzielonym z wnętrza schnącego grona. 5 - dalsza krystalizacja cukrów w wysychającym gronie. Rozwój zarodnika w pleśń. 6 – w pełni rozwinięta pleśń (zarodnikująca) na powierzchni wyschniętego grona.

Część 2. Eksperymenty dotyczące wykorzystania minerałów jako środków ochrony roślin.

Minerały posiadają ogromną ilość różnorodnych właściwości. Mogą być lekkie i ciężkie, twarde i miękkie, promieniotwórcze, magnetyczne i nie magnetyczne, białe, przezroczyste i kolorowe. Mogą być drogocenne. Mogą także wpływać na zmianę właściwości środowiska w którym się znajdują prowadząc do zmian jego pH i Eh.

Wiadomym jest, że organizmy do prawidłowego przebiegu procesów życiowych muszą się znajdować w określonym środowisku. W złym środowisku giną. Można stymulować organizmy także mineralnie powodując przyspieszenie procesów biologicznych. Do tego celu mogą służyć m.in. nawozy mineralne. Można jednak także hamować procesy biologiczne używając do tego celu minerałów, które zmieniając środowisko (pH i Eh) spowodują spadek np. tempa rozmnażania się organizmów lub proces ten nawet zatrzymają. W tym ostatnim

przypadku oznacza to, że dobrze dobrane minerały o określonych niezbędnych cechach mogą być używane jako środki ochrony roślin.

Mając na względzie to zjawisko przeprowadzono eksperymenty polegające na sprawdzeniu wpływu środowiska mineralnego na rozwój *Neonectria galligena*.

Do eksperymentów wytypowano kilka minerałów, które dzięki swoim właściwościom zmieniają środowisko. Co i w jaki sposób zmieniają pominięto w opracowaniu pozostawiając te dane jako poufne do przygotowywanego zastrzeżenia patentowego.

Opis eksperymentu

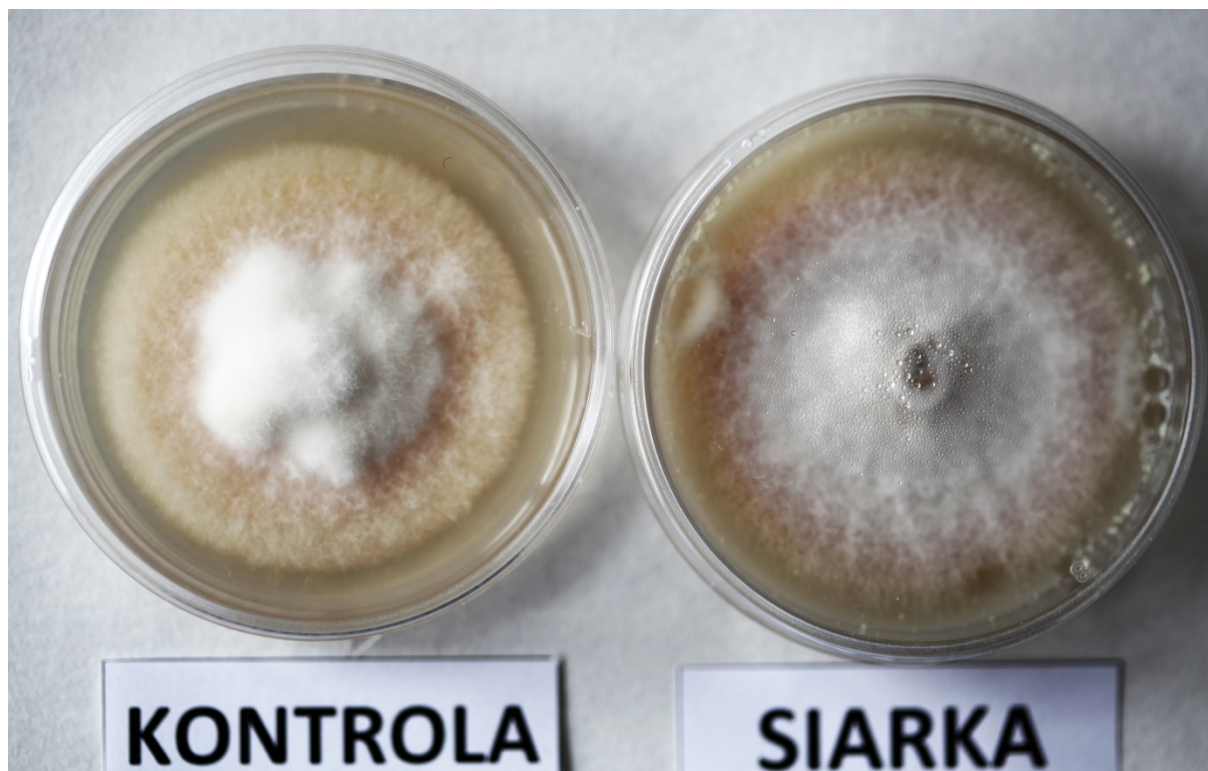
W eksperymencie wykorzystano różnego rodzaju podłoża mineralne (Fot. 5) na które wprowadzono grzybnie *Neonectria galligena*. Obserwowano rozwój grzybni dokonując pomiarów jej wielkości.



Fot. 5 Szalik Petrie”go z podłożem mineralnym na którym prowadzono hodowle grzybni *Neonectria galligena*.

Oprócz podłoży mono mineralnych przygotowano podłoża zrobione z mieszanin mineralnych. Prowadzono także obserwacje na grzybni hodowanej na podłożu kontrolnym (Fot. 6).

Otrzymane wyniki pomiarów wielkości grzybni hodowanej na różnych podłożach mineralnych zebrano w tabelce 1.



Fot. 6 Obraz rozwoju grzybni kontrolnej w porównaniu z grzybnia rozwijającą się na mono mineralnym podłożu z czystej siarki

Wyniki badań wskazują, że wszystkie użyte minerały, spowodowało spowolnienie rozwoju grzybni w stosunku do hodowli kontrolnej (Tab. 1).

Tab. 1

Wpływ badanych minerałów na ograniczanie wzrostu liniowego grzybni *Neonectria galligena*.

kombinacja	Średnia średnica kolonii [mm]
Kontrola- bez minerałów	41,3
D1	20,3
D2	15,0
E1	19,3
E2	13,6
F1	28,0
F2	12,6

Mieszanka minerałów zaznaczona w tab. 1 jako F3 spowodowała redukcję wielkości grzybni odo 30 % wielkości grzybni kontrolnej

Podobnie znaczna redukcję rozwoju grzybni spowodowała mieszanka mineralna oznaczona jako E2 (Tab.1). Wyniosła ona 33 % wielkości hodowli kontrolnej.

Nawet najmniejsza redukcja rozwoju grzybni obserwowana w przypadku mieszanki minerałów oznaczonej jako F1 spowodowała, że rozwój grzybni

osiągnęła jedynie wielkości grzybni kontrolnej 68 % wielkości grzybni kontrolnej

Podsumowanie badań - część B

Otrzymane wyniki wstępnych eksperymentów wskazują, że zastosowanie wybranych minerałów, a zwłaszcza ich mieszanek do ochrony przed rozwijającą się grzybnia *Neonectria galligena* ma sens. Nie udało się co prawda zupełnie wstrzymać rozwoju grzybni ale poważna redukcja tempa jej rozwoju do około 30 % w stosunku do rozwoju kontrolnego jest istotna z punktu widzenia ochrony roślin (w tym wypadku drzew przed rozwojem grzyba. Dalsze badania nad wykorzystaniem minerałów jako środków ochrony roślin z pewnością będą prowadziły do redukcji, a być może całkowitej likwidacji wielu zagrożeń wpływających na ograniczenie rozwoju roślin.

Należy także podkreślić, że stosowane minerały są naturalne i nie stwarzają skażenia zagrażającego środowisku w tym owadom np. pszczołom.

Podziękowania

Serdecznie dziękuje prof. dr hab. Markowi Grabowskiemu (Katedra Ochrony Roślin. Uniwersytet Rolniczy, Kraków, al. 29 Listopada) za przeprowadzenie eksperymentu z hodowlą grzybni *Neonectria galligena* na różnych podłożach mineralnych i diostarczenie do badań winogron.

Literatura

Ciesielska J., Malusà H., Sas Paszt L., 2011. Środki ochrony roślin stosowane w rolnictwie ekologicznym. Drukarnia PPHU "Graf-Sad", 77.

Leggo P.J., Ledesert B., Christie G. , 2006 The role of clinoptilolite in organo-zeolitic-soil systems used for phytoremediation. Sci. Total Environ., 363 , 1–10.

Pawlikowski M., Bahranowski K., Motyka J., Przybyszewski H., Sekuła L., Bożęcki P., 2016 Inżynieria mineralna w walce z varrozą. Pszczelarstwo 5, 4-6.

Pawlikowski M., 2017 METHODS OF MINERAL ENGINEERING IN A FIGHT AGAINST VARROSA INFESTATION. Auxiliary sciences in archaeology, preservation of relicts and environmental engineering. CD -no 23, 2017. Ed. M Pawlikowski.

Rehakova M., Cuvanova S., Dzivak M., Rimar J., Gavalova Z., 2004 Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Current Opinion in Solid State and Materials Science 8, 397-404.

Rossman A.Y., Samuels G.J., Rogerson C.T., Lowen R., 1999. Genera of Bionectriaceae, Hypocreaceae and Nectriaceae (Hypocreales, Ascomycetes). *Studies in Mycology*. 4, 1-248.

Wojtkowiak - Gęba rowska E., 2006 Mechanizmy zwalczania fitopatogenów glebowych przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. *Post. Mikrobiol.* 45 (4), 261-273.

Yoshihiro I., Masanobu H., Hiroo T., Tomoko N., Tomomi M., Yasushi K., Hajime H., Masanori S., 2002 Bactericidal activity of Ag-zeolite mediated by reactive oxygen species under aerated conditions. *Journal of Inorganic Biochemistry* 92 (1), 37-42.