

**Znaczenie i stosowanie bionawozów dla poprawy jakości gleb
zdegradowanych oraz ich wpływ na wzrost i
plonowanie drzew jabłoni**

Autor: Prof. dr hab. Lidia Sas-Paszt

**Opracowanie przygotowane w ramach zadania 3.2:
„Rozwój zrównoważonego nawożenia roślin ogrodniczych i zapobieganie degradacji
gleby i skażenia wód gruntowych”**

**Podzadania 5. „Ocena wpływu środków biologicznych (bioprodukty wzbogacone
mikrobiologicznie, pożyteczne bakterie ryzosferowe, grzyby mykoryzowe) na poprawę
jakości gleb oraz wzrostu i plonowania roślin sadowniczych”**

**Programu Wieloletniego
„Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z
uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska
naturalnego” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi**

Skierniewice, 2020

Skala degradacji gleb uprawnych w Polsce, a także w innych krajach europejskich i na świecie jest tak duża, że powoduje konieczność poszukiwania innowacyjnych, proekologicznych technologii, które poprawiłyby naturalny potencjał biologiczny gleb, w tym ich zasobność. Degradacja gleb uprawnych w Polsce jest procesem postępującym i obejmuje coraz większą powierzchnię użytków rolnych. Zjawiska te są skutkiem niewłaściwej gospodarki rolnej w ubiegłych latach, kiedy stawiano szczególny nacisk na stosowanie nawozów sztucznych, zaniedbując zupełnie wzbogacanie gleb w materię organiczną oraz jej wapnowanie. Doprowadziło to nie tylko do zakwaszenia gleb i zmniejszenia ilości próchnicy ale także do zachwiania równowagi biologicznej w glebie. Aplikacja nawozów organicznych do zdegradowanych gleb umożliwia roślinom lepsze pobieranie składników pokarmowych z gleby, a tym samym poprawia kondycję roślin, ich stan zdrowotny i plonowanie. Konieczne jest zwiększenie zawartości materii organicznej w glebach uprawnych oraz poprawa ich potencjału biologicznego, który bezpośrednio wpływa na produktywność roślin. Zastosowanie materii organicznej w formie biowęgla oraz innych związków pochodzących z kompostowania produktów ubocznych z przetwórstwa rolnego w połączeniu z pożytecznymi mikroorganizmami glebowymi zgromadzonymi w SYMBIO BANK-u Zakładu Mikrobiologii i Ryzosfery Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach pozwoli na długotrwałą poprawę jakości gleb i zwiększenie ich produktywności. W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie rozwojem zrównoważonych metod uprawy i nawożenia roślin, z wykorzystaniem naturalnych komponentów biosfery gleby, t.j. pożytecznych mikroorganizmów, a także bionawozów, kompostów i biopestycydów wzbogaconych mikrobiologicznie. **Konsorcja pożytecznych mikroorganizmów są jednym z najnowszych rozwiązań mających na celu zwiększenie efektywności produkcji roślinnej, zarówno ogrodniczej jak i rolniczej, mikroorganizmy również przyczyniają się do ograniczania skutków stresu suszy. Konsorcja pożytecznych mikroorganizmów oraz preparaty wzbogacone mikrobiologicznie są już stosowane w produkcji ogrodniczej i materiału szkółkarskiego. W skład takich konsorcjów wchodzi bakterie, promieniowce, grzyby strzępkowe i mykoryzowe.**

Bionawozy zawierają substancję organiczną oraz jeden lub kilka biologicznie aktywnych związków organicznych (aminokwasy, witaminy, enzymy, hormony roślinne), jak również makro i mikroelementy stymulujące wzrost i plonowanie roślin. Dostarczają one roślinom niezbędnych substancji, które są naturalnie syntetyzowane w wielu skomplikowanych procesach biochemicznych powodując oszczędności energii, która może być wykorzystana do innych przemian w roślinie. Z powodu korzystnych oddziaływań pożytecznych mikroorganizmów na wzrost i plonowanie roślin są one komponentami preparatów biologicznych, w tym biostymulatorów, bionawozów itp. Zwiększenie efektywności pobierania i przyswajania składników mineralnych z biopreparatów przyczynia się do ograniczenia stosowania nawozów i innych chemicznych środków produkcji roślin. Ponadto, zanieczyszczenia gleby wiązane są w strefie ryzosfery i w tej części ulegają biodegradacji przy udziale mikroorganizmów glebowych. Zwiększenie zawartości materii organicznej w glebie oraz przywrócenie dominacji pożytecznej mikroflory glebowej zwiększa stabilność mechaniczną gleby i przyczynia się do poprawy zdolności sorpcyjnej gleby i pobierania składników mineralnych przez rośliny, a także łagodzi skutki anomalii pogodowych, np. niskich lub wysokich temperatur. Aktywność pożytecznej mikroflory w ryzosferze jest nie tylko jednym z czynników warunkujących prawidłowy wzrost roślin, ale także ważnym potencjalnym źródłem ich odporności na choroby infekcyjne. **W celu przeciwdziałania degradacji gleb wskazanym jest stosowanie bioproduktów na bazie bakterii, grzybów mykoryzowych i grzybów strzępkowych w celu poprawy żyzności i bioróżnorodności gleb oraz antagonistycznego oddziaływania przeciwko mikroorganizmom szkodliwym.** Pożyteczne mikroorganizmy wytwarzają biologicznie aktywne związki (witaminy, regulatory wzrostu, antybiotyki, siderofory, substancje odżywcze

dla roślin), poprawiające jakość gleb uprawnych oraz wzrost i plonowanie roślin. Badania przeprowadzone w Zakładzie Mikrobiologii i Ryzosfery wykazały dużą skuteczność pożytecznych mikroorganizmów zgromadzonych w SYMBIO BANK-u Instytutu Ogrodnictwa w stymulacji wzrostu wegetatywnego i plonowania drzew jabłoni odmiany Ariwa. W doświadczeniu polowym wykazano skuteczność stosowania naturalnych nawozów wzbogaconych mikrobiologicznie na zwiększenie wzrostu i plonowania drzew jabłoni odmiany Ariwa (Fot. 1-3, Tabele 7-10). Aplikacja bionawozów wpłynęła na zwiększenie zawartości składników mineralnych i materii organicznej w glebie (Tabele 1-6) oraz wielkości populacji, bioróżnorodności i przeżywalności bakterii ryzosferowych i grzybów w glebie ryzosferowej (Tabela 14). Wyniki przeprowadzonych doświadczeń wskazują również na korzystny wpływ zastosowanych bionawozów oraz Konsorcjów pożytecznych mikroorganizmów na cechy wzrostu korzeni (Fot. 4, Tabele 11-13), intensywność zasiedlania korzeni przez arbuskularne grzyby mykoryzowe oraz formowanie większej liczby zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych w ryzosferze drzew jabłoni odmiany Ariwa w porównaniu do ryzosfery drzew kontrolnych (bez nawożenia) (Fot. 5-25, Tabele 15-19).

Tabela 1. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego, nawożenia organicznego oraz biowęgla na zawartość makroelementów - N, P i K w liściach drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2015).

Traktowanie	N %	P [mg/kg s.m.]	K [mg/kg s.m.]
Kontrola	2,13 a	1158 a	10850 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	2,04 a	1198 a	12080 b
Florovit NPK	2,01 a	1154 a	10990 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	2,15 a	1182 a	9933 a
Biowęgiel	2,07 a	1156 a	10340 ab
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	1,95 a	1237 a	11610 ab
Biowęgiel + Florovit	2,04 a	1162 a	11230 ab

Największą zawartość fosforu miały liście roślin nawożone biowęgłem w połączeniu z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym, a najwięcej potasu odnotowano w liściach roślin traktowanych Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym.

Tabela 2. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego, nawożenia organicznego oraz biowęgla na zawartość mikroelementów - Mn, Cu, Zn, B w liściach drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2015).

Traktowanie	Mn [mg/kg s.m.]	Cu [mg/kg s.m.]	Zn [mg/kg s.m.]	B [mg/kg s.m.]
Kontrola	74,1 a	5,26 a	14,3 a	31,0 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	103 ab	5,31 a	14,6 a	30,5 a
Florovit NPK	124 b	5,70 a	15,8 ab	30,5 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	125 b	5,20 a	16,8 ab	32,2 a
Biowęgiel	85,1 ab	4,78 a	15,1 a	30,9 a
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	65,4 a	4,70 a	20,0 b	28,8 a
Biowęgiel + Florovit	70,1 a	5,23 a	13,8 a	28,1 a

Zawartość miedzi i boru w liściach jabłoni była na zbliżonym poziomie po aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego, nawożenia organicznego oraz biowęgla. Największą zawartość manganu

miały liście pobrane z drzew po aplikacji nawozu organicznego Florovit oraz nawozu organicznego w połączeniu z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym. Największą zawartość cynku miały liście pobrane z drzew po łącznej aplikacji biowęgla z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym.

Tabela 3. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na zawartość mikroelementów – B, Cu, Fe Mn i Zn w liściach drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2018 r.).

Traktowanie	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/kg				
Kontrola	22,6 a	3,93 a	65,0 a	41,3 a	15,6 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	24,0 ab	4,58 a	72,1 c	62,4 c	15,9 a
Florovit NPK	23,2 a	5,00 a	144,0 e	69,5 e	16,8 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	24,7 ab	5,03 a	75,6 d	65,5 d	15,0 a
Biowęgiel	24,1 ab	4,25 a	68,5 b	47,0 b	14,3 a
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	26,2 b	4,44 a	68,8 b	41,6 a	21,4 b
Biowęgiel + Florovit NPK	25,1 ab	4,41 a	75,8 d	44,0 a	16,0 a

Najwyższą zawartość boru i cynku odnotowano w liściach jabłoni po aplikacji biowęgla łącznie z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym. Największą zawartość manganu i żelaza miały liście pobrane z drzew po aplikacji Florovitu NPK. Zwiększoną zawartość miedzi odnotowano w liściach drzew jabłoni odmiany Ariwa po zastosowaniu Konsorcjum łącznie z Florovitem NPK.

Tabela 4. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na zawartość azotu ogólnego, węgla organicznego oraz substancji organicznej w glebie spod drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2018 r.).

Traktowanie	Nog.	C	Substancja organiczna
	%		
Kontrola	0,15 a	1,46 ab	2,51 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,16 ab	1,30 a	2,23 a
Florovit NPK	0,17 ab	1,52 bc	2,62 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	0,25 c	1,63 b-d	2,80 a
Biowęgiel	0,17 ab	1,58 b-d	2,72 a
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,18 b	1,76 d	3,02 a
Biowęgiel + Florovit NPK	0,17 ab	1,69 cd	2,90 a

Najwyższą zawartość węgla organicznego oraz substancji organicznej w glebie odnotowano po łącznym zastosowaniu biowęgla wraz z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym. Największą zawartość azotu ogólnego w glebie uzyskano po aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego łącznie z Florovitem NPK.

Tabela 5. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na zawartość azotu ogólnego, węgla organicznego oraz substancji organicznej w glebie ryzosferowej drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2019 r.).

Traktowanie	Nog.	C	Substancja organiczna
	%		
Kontrola	0,12 b	1,10 d	1,89 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,16 c	1,45 f	2,50 a
Florovit NPK	0,11 ab	1,01 b	1,73 a
Florovit NPK + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,11 ab	1,03 c	1,78 a
Biowęgiew	0,11 ab	1,01 b	1,74 a
Biowęgiew + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,10 a	0,98 a	1,68 a
Biowęgiew + Florovit NPK	0,15 c	1,42 e	2,45 a

Najwyższą zawartość azotu ogólnego, węgla organicznego oraz substancji organicznej w glebie ryzosferowej odnotowano po aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego.

Tabela 6. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na zasolenie, pH oraz na zawartość makroelementów – P, K, Mg w glebie ryzosferowej drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2019 r.).

Traktowanie	Zasolenie	pH	P	K	Mg
	gKCL/kg	KCL	mg/100 g		
Kontrola	0,19 c	5,80 a	10,4 ab	21,3 c	8,82 bc
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,24 d	6,47 a	15,2 c	18,8 b	11,10 d
Florovit NPK	0,16 a	4,98 a	9,27 a	15,7 a	6,25 a
Florovit NPK + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,17 ab	5,89 a	10,90 ab	17,9 b	10,10 cd
Biowęgiew	0,18 bc	6,05 a	10,30 ab	14,0 a	7,57 ab
Biowęgiew + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	0,27 e	6,13 a	11,70 b	25,3 d	6,98 a
Biowęgiew + Florovit NPK	0,47 f	6,21 a	12,00 b	57,0 e	9,36 b-d

Najwyższe zasolenie oraz potas odnotowano po zastosowaniu biowęgiewa łącznie z Florovitem NPK. Istotnie większe zawartości fosforu i magnezu odnotowano w glebie ryzosferowej po zastosowaniu Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego.

Tabela 7. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego, nawożenia organicznego oraz biowęgiewa na plon ogólny, liczbę owoców i masę 1 owocu zebranych z drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2015).

Traktowanie	Plon ogólny [kg]	Liczba owoców [szt.]	Masa 1 owocu [kg]
Kontrola	86 a	674 a	0,127 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	95 ab	780 ab	0,122 ab
Florovit NPK	105,5 b	856 ab	0,123 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	113 bc	915 b	0,123 ab
Biowęgiew	105,5 b	953 b	0,110 a
Biowęgiew + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	126 c	1039 c	0,121 ab
Biowęgiew + Florovit	103 b	633 a	0,163 b

Największy plon ogólny oraz liczbę owoców uzyskano z drzew jabłoni traktowanych biowęgiewem w połączeniu z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym i był on większy o 46% od plonu uzyskanego z drzew roślin kontrolnych. Drzewa kontrolne odmiany Ariwa plonowały na najniższym poziomie, w porównaniu do pozostałych kombinacji. Drzewa jabłoni traktowane biowęgiewem z Konsorcjum mikroorganizmów uformowały największą liczbę owoców, w porównaniu do owoców z drzew nienawożonych, bez aplikacji bioproduktów (kontrolnych) oraz pozostałych kombinacji nawozowych. Największą masę 1 owocu odnotowano w kombinacji z zastosowaniem biowęgiewa w połączeniu z Florovitem.



Fot. 1. Kwitnące drzewa jabłoni odmiany Ariwa traktowane biowęgłem w połączeniu z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym (Sad Doświadczalny, Dąbrowice 2015).



Fot. 2. Owocujące drzewa jabłoni odmiany Ariwa traktowane biowęgłem w połączeniu z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym (Sad Doświadczalny, Dąbrowice 2015).

Tabela 8. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego, nawożenia organicznego oraz biowęgla na plon, liczbę owoców zebranych z drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2015).

Traktowanie	Plon [kg/drzewo]	Liczba owoców [szt./drzewo]
Kontrola	7,17 a	56,2 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	7,92 a	65,0 a
Florovit NPK	8,79 ab	71,3 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	9,42 ab	76,2 ab
Biowęgiel	8,79 ab	79,4 ab
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	10,50 b	86,6 b
Biowęgiel + Florovit	8,58 ab	52,7 a

Plon oraz liczba zebranych owoców w przeliczeniu na drzewo były największe po łącznej aplikacji biowęgla z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym.

Tabela 9. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na plon, liczbę owoców i masę 1 owocu zebranych z drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2017).

Traktowanie	Plon [kg/drzewo]	Liczba owoców [szt./drzewo]	Masa 1 owocu [kg]
Kontrola	8,04 ab	54 ab	0,149 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	6,76 ab	46 ab	0,147 a
Florovit NPK	6,86 ab	47 ab	0,146 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	6,04 a	40 a	0,151 a
Biowęgiel	10,49 b	69 b	0,152 a
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	5,80 a	40 a	0,145 a
Biowęgiel + Florovit	6,00 a	40 a	0,150 a

Przymrozki wiosenne miały negatywny wpływ na liczbę i plon owoców zebranych z drzew jabłoni odmiany Ariwa. Pomimo tego, w porównaniu do kontroli, najwyższy plon, liczbę owoców oraz masę 1 owocu uzyskano z drzew nawożonych biowęgłem.



Fot. 3. Owocujące drzewa jabłoni odmiany Ariwa, (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice, 2017).

Tabela 10. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na plon i liczbę owoców zebranych z drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2018 r.).

Traktowanie	Plon [kg/drzewo]	Liczba owoców [szt./drzewo]
Kontrola	5,2 a	54,2 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	5,9 ab	61,9 ab
Florovit NPK	9,0 b	83,9 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	9,0 b	90,1 b
Biowęgiew	8,7 b	87,0 b
Biowęgiew + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	8,2 ab	82,0 ab
Biowęgiew + Florovit NPK	7,8 ab	79,5 ab

Najwyższy plon oraz liczbę owoców uzyskano z drzew nawożonych Konsorcjum bakteryjno - mykoryzowym łącznie z Florovitem NPK.

Tabela 11. Cechy wzrostu korzeni drzew jabłoni odmiany Ariwa (Doświadczenie polowe, Dąbrowice, 2016).

Traktowanie	Długość korzeni [cm/1L gleby]	Pole powierzchni korzeni [cm ² /1L gleby]	Średnica korzeni [mm/1L gleby]	Objętość korzeni [cm ³ /1L gleby]	Liczba wierzchołków korzeni [szt./1L gleby]
Kontrola	294,29 a	66,96 a	0,57 a	0,98 a	1095 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	283,06 a	77,75 bc	0,80 b	1,55 b	1296 b
Florovit NPK	343,26 a	82,13 c	0,83 b	1,40 a	1148 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	326,35 a	64,98 a	0,75 b	1,59 b	1110 a
Biowęgiew	359,40 a	64,93 a	0,84 b	1,44 b	1460 c
Biowęgiew + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	534,50 b	125,78 d	1,05 c	2,82 c	1306 b
Biowęgiew + Florovit	282,45 a	71,79 ab	0,79 b	1,38 ab	1624 d

Łączne zastosowanie Konsorcjum pożytecznych mikroorganizmów oraz biowęgiew wpłynęło na zwiększenie cech wzrostu korzeni jabłoni odmiany Ariwa.

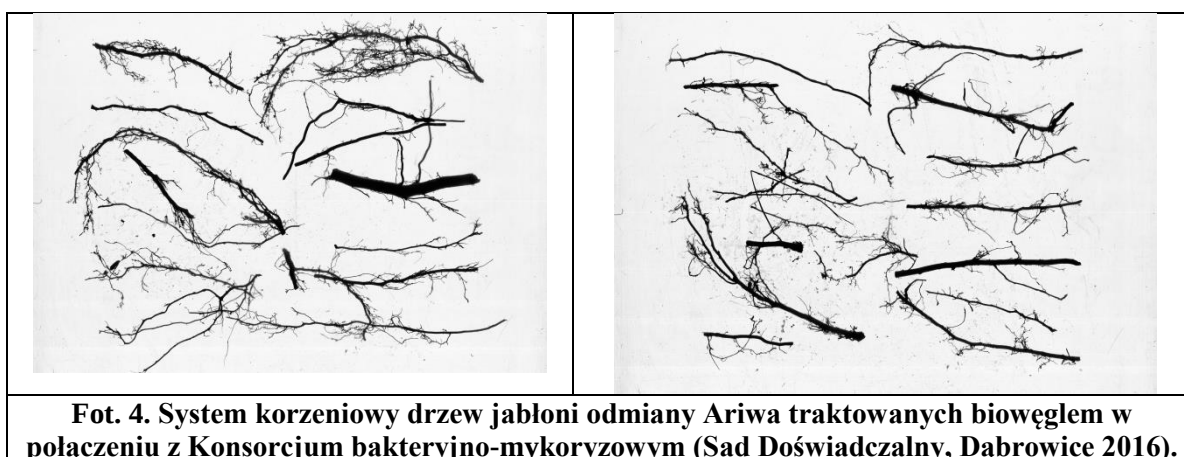


Tabela 12. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na cechy wzrostu korzeni drzew jabłoni odmiany Ariwa, (Doświadczenie polowe, Dąbrowice 2017).

Traktowanie	Świeża masa korzeni [g/1L gleby]	Sucha masa korzeni [g/1L gleby]	Długość korzeni [cm/1L gleby]	Pole powierzchni korzeni [cm ² /1L gleby]	Średnica korzeni [mm/1L gleby]	Objętość korzeni [cm ³ /1L gleby]	Liczba wierzchołków korzeni [szt./1L gleby]
Kontrola	2,06 a	0,93 a	234,96 a	60,21 a	0,46 a	1,00 a	1067 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	3,81 bc	1,4 a	257,91 ab	71,37 bc	0,74 b	1,62 b	1228 bc
Florovit NPK	2,24 a	0,97 a	280,00 ab	79,27 c	0,79 b	1,40 b	1155 a-c
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	3,20 a-c	1,33 a	318,71 bc	58,97 a	0,75 b	1,55 b	1090 ab
Biowęgiel	4,05 c	1,47 a	361,99 c	61,34 a	0,81 b	1,49 b	1214 bc
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	7,26 d	4,00 b	467,80 d	103,04 d	1,00 c	2,16 c	1262 c
Biowęgiel + Florovit	2,60 ab	1,16 a	288,68 ab	64,09 ab	0,82 b	1,47 b	1179 a-c

Łączna aplikacja biowęgla oraz Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego wpłynęła na istotne zwiększenie cech wzrostu korzeni drzew jabłoni odmiany Ariwa.

Tabela 13. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na cechy wzrostu korzeni drzew jabłoni odmiany Ariwa (Doświadczenie polowe, Dąbrowice 2018 r.).

Traktowanie	Świeża masa korzeni [g/1L gleby]	Sucha masa korzeni [g/1L gleby]	Długość korzeni [cm/1L gleby]	Pole powierzchni korzeni [cm ² /1L gleby]	Średnica korzeni [mm/1L gleby]	Objętość korzeni [cm ³ /1L gleby]	Liczba wierzchołków korzeni [szt./1L gleby]
Kontrola	2,3 a	0,90 a	264,6 a	63,6 a	0,51 a	0,99 a	1081 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	4,1 ab	1,50 a	270,5 b	74,5 c	0,77 b	1,59 e	1262 d
Florovit NPK	2,7 a	0,97 a	311,6 d	80,7 d	0,81 c	1,38 b	1152 c
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	3,6 a	1,40 a	322,5 e	61,9 a	0,77 b	1,57 e	1100 b
Biowęgiel	4,2 ab	1,5 a	360,7 f	63,1 a	0,82 c	1,47 d	1337 f
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	6,7 b	3,5 b	501,2 g	114,4 e	1,03 d	2,49 f	1284 e
Biowęgiel + Florovit NPK	2,9 a	1,3 a	285,6 c	67,9 b	0,80 c	1,43 c	1402 g

Łączna aplikacja biowęgla oraz Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego wpłynęła na istotne zwiększenie cech wzrostu korzeni drzew jabłoni odmiany Ariwa.

Tabela 14. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na populację wybranych grup mikroorganizmów w glebie spod drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2018 r.).

Traktowanie	Ogólna liczba bakterii x 10 ⁵ cfu x g ⁻¹ DW	Ogólna liczba bakterii wytwarzających formy przetrwalnikowe x 10 ⁵ cfu x g ⁻¹ DW	Ogólna liczba grzybów x 10 ⁵ cfu x g ⁻¹ DW
Kontrola	581,78 ± 48,4 c	54,8 ± 22,08 a	6,87 ± 0,11 ab
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	257,08 ± 34,06 ab	47,56 ± 36,2 a	3,37 ± 1,24 a
Florovit NPK	404,91 ± 63,15 bc	55,9 ± 21,85 a	10,07 ± 1,82 bc
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	231,82 ± 73,14 ab	34,31 ± 3,13 a	11,12 ± 0,83 c
Biowęgiel	164,33 ± 22,78 a	58,75 ± 9,73 a	24,8 ± 1,32 d
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	992,32 ± 116,63 d	25,4 ± 10,58 a	28,86 ± 1,15 e
Biowęgiel + Florovit NPK	172,88 ± 11,22 a	78,44 ± 13,5 a	30,44 ± 2,03 e

- W porównaniu do kontroli, po zastosowaniu biowęgla łącznie z Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym zaobserwowano istotnie większą ogólną populację bakterii.
- Aplikacja biowęgla oraz Florovitu NPK spowodowała zwiększenie ogólnej populacji bakterii wytwarzających formy przetrwalnikowe oraz grzybów mikroskopowych.
- Po zastosowaniu Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego odnotowano zmniejszenie ogólnej populacji grzybów mikroskopowych.

Tabela 15. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na stopień frekwencji mykoryzowej (F%) i intensywność mykoryzową (M%, m%) w korzeniach jabłoni odmiany Ariwa, (Sad Doświadczalny IO, Dąbrowice 2017).

Traktowanie	F%	M%	m%
Kontrola	12.22	0.39	3.11
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	24.44	0.82	3.42
Florovit NPK	17.78	0.58	3.27
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	21.11	0.52	2.49
Biowęgiel	11.11	0.29	2.56
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	17.78	1.97	10.85
Biowęgiel + Florovit	18.89	0.59	3.13

Aplikacja konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego wpłynęła na zwiększenie zasiedlania korzeni jabłoni odmiany Ariwa przez grzyby AGM oraz liczbę uformowanych wezykul.

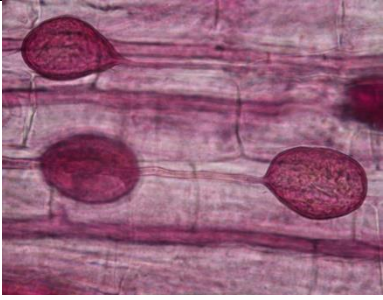
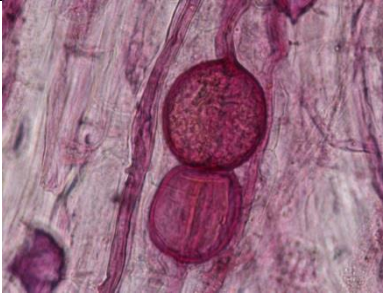
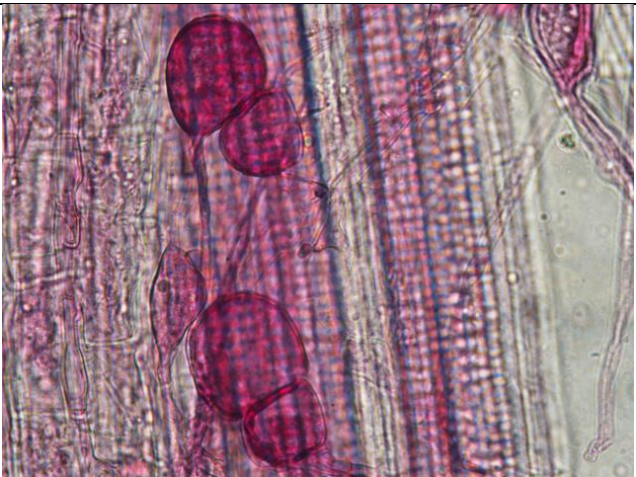
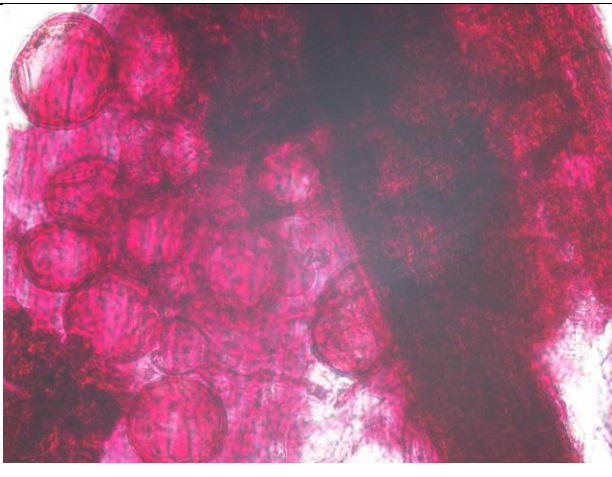
		
Fot. 5. Wezykule w korzeniach jabłoni odmiany ARIWA traktowanych Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2017r.).	Fot. 6. Wezykule w korzeniach jabłoni odmiany ARIWA traktowanych Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2017r.).	Fot. 7. Grzybnia AGM w korzeniach jabłoni odmiany ARIWA traktowanych Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2017r.).

Tabela 16. Wpływ aplikacji konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na stopień frekwencji mykoryzowej (F%) i intensywność mykoryzową (M%, m%) w korzeniach drzew jabłoni odmiany Ariwa (Doświadczenie polowe, Dąbrowice, 2018).

Traktowanie	F%	M%	m%
Kontrola	17.78 a	0.86 a	4.42 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	24.45 ab	1.52 a	6.31 a
Florovit NPK	18.89 a	1.42 a	7.58 a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	33.33 b	2.40 a	7.23 a
Biowęgiel	20.0 a	1.20 a	6.0 a
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	25.56 ab	1.71 a	6.42 a
Biowęgiel + Florovit NPK	24.44 ab	1.89 a	7.83 a

Zastosowanie Konsorcjum pożytecznych mikroorganizmów wraz z nawożeniem Florovitem NPK wpłynęło na istotne zwiększenie stopnia asocjacji mykoryzowej w korzeniach drzew jabłoni odmiany Ariwa przez grzyby AGM (33.33%) oraz liczbę uformowanych wezykul. Aplikacja biowęgla oraz Florovitu NPK zwiększyła intensywność zasiedlania korzeni przez arbuskularne grzyby mykoryzowe (7.83%).

	
Fot. 8. Wezykule w kontrolnych korzeniach drzew jabłoni odmiany ARIWA (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2018 r.).	Fot. 9. Wezykule w korzeniach drzew jabłoni odmiany ARIWA traktowanych Konsorcjum pożytecznych mikroorganizmów wraz z nawożeniem Florovitem NPK (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2018 r.).

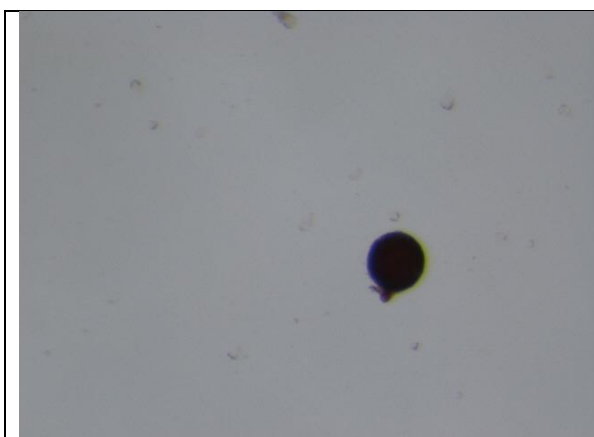


Fot. 10 i 11. Spory w korzeniach drzew jabłoni odmiany ARIWA traktowanych Konsorcjum pożytecznych mikroorganizmów wraz z nawożeniem Florovitem NPK (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2018 r.).

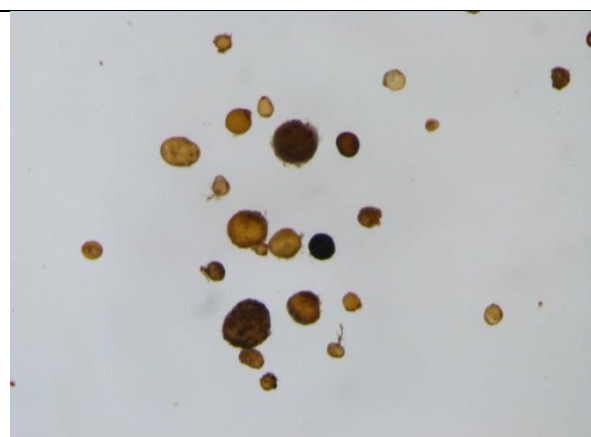
Tabela 17. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na liczbę zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych (AGM) w 100g gleby ryzosferowej drzew jabłoni odmiany Ariwa, (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2017).

Traktowanie	Liczba zarodników w 100g gleby
Kontrola	12a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	68g
Florovit NPK	35d
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit	45f
Biowęgiel	18c
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	38e
Biowęgiel + Florovit	15b

W doświadczeniu polowym na drzewach jabłoni odmiany Ariwa wykazano korzystne działanie bionawozów na formowanie większej liczby zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych w ryzosferze roślin jabłoni, w porównaniu do kontroli. Aplikacja Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego, Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego łącznie z Florovitem oraz Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego wraz z biowęglem w największym stopniu wpłynęła na uformowanie największej liczby zarodników AGM w ryzosferze drzew jabłoni odmiany Ariwa, w porównaniu do kontroli.



Fot. 12. Traktowanie Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym – kielkujący zarodnik AGM.



Fot. 13. Traktowanie Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym – zarodniki AGM.

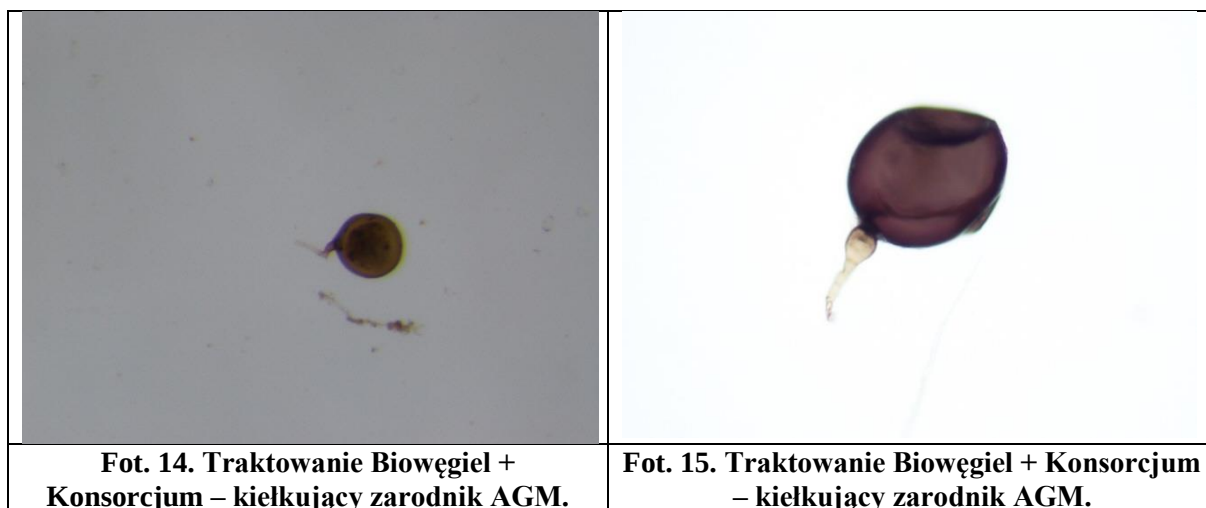
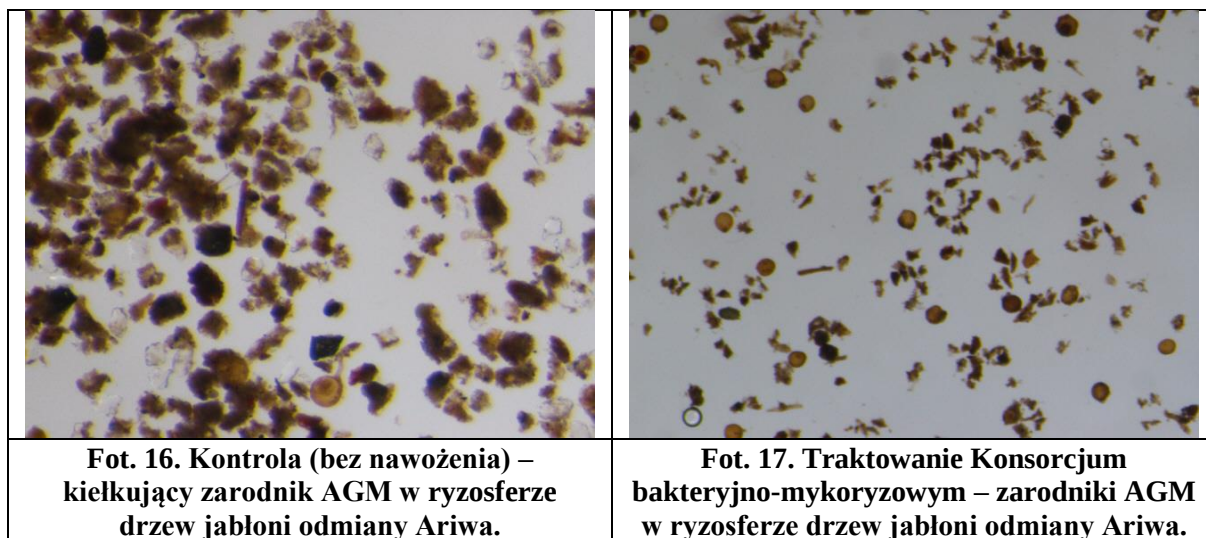


Tabela 18. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na liczbę zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych (AGM) w 100g gleby ryzosferowej drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2018).

Traktowanie	Liczba zarodników w 100g gleby
Kontrola	23a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	195e
Florovit NPK	22a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe + Florovit NPK	68c
Biowęgł	43b
Biowęgł + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	93d
Biowęgł + Florovit NPK	31ab

W doświadczeniu polowym na drzewach jabłoni odmiany Ariwa wykazano korzystne działanie bioproduktów wzbogaconych mikrobiologicznie (Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe) na formowanie większej liczby zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych w ryzosferze roślin jabłoni, w porównaniu do kontroli bez nawożenia. Aplikacja Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego istotnie wpłynęła na uformowanie największej liczby zarodników AGM w ryzosferze drzew jabłoni, w porównaniu do kontroli bez nawożenia i nawożenia Florovitem NPK. W traktowaniach z zastosowanym Konsorcjum pożytecznych mikroorganizmów stwierdzono istotnie wyższą liczbę zarodników AGM w połączeniu z biowęgłem oraz Florovitem NPK.



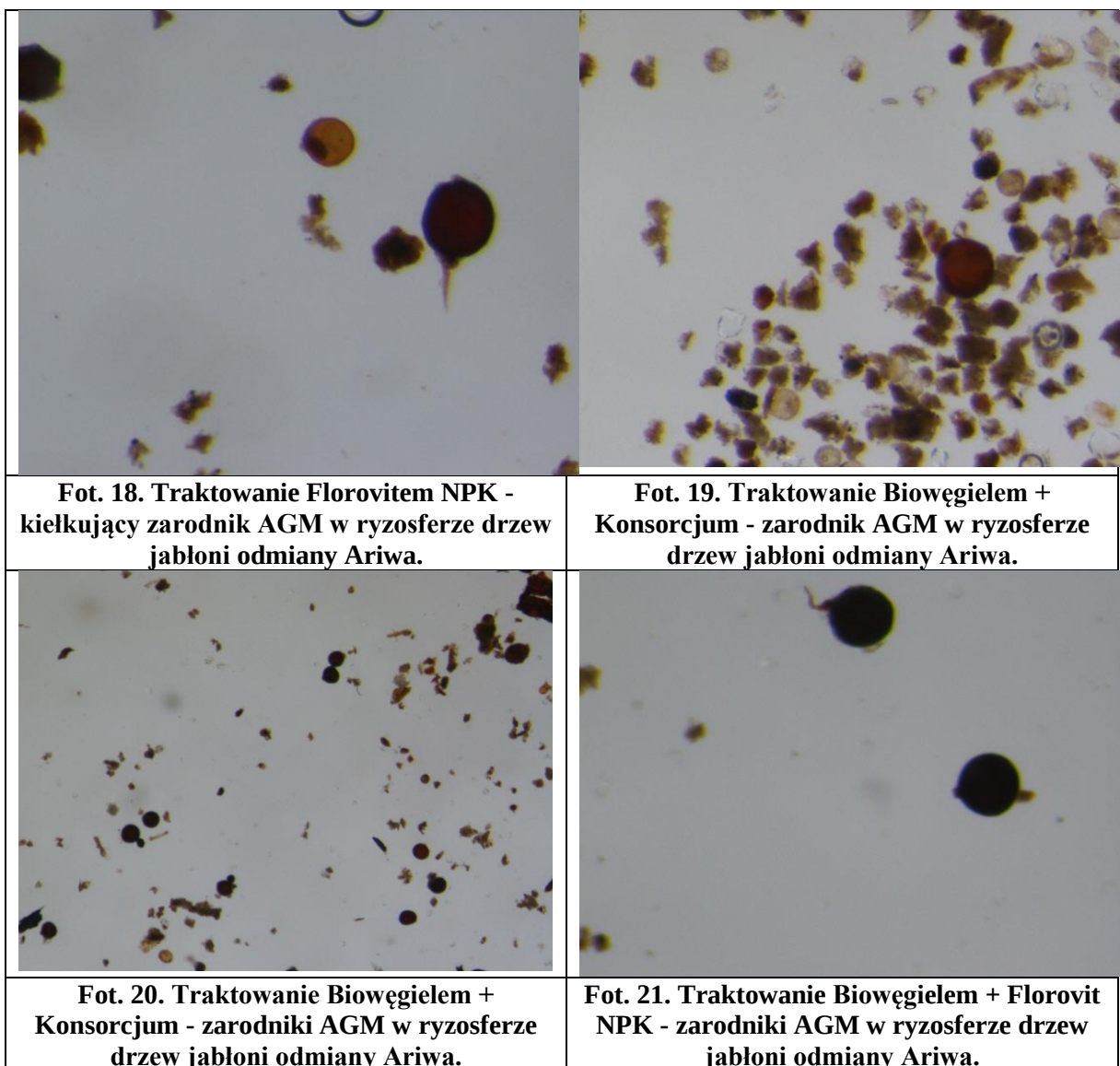
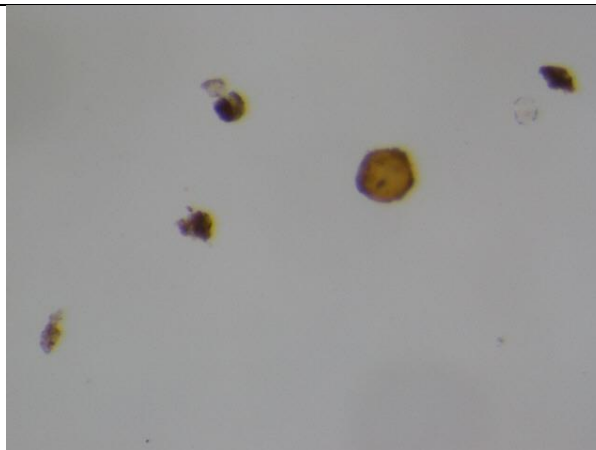
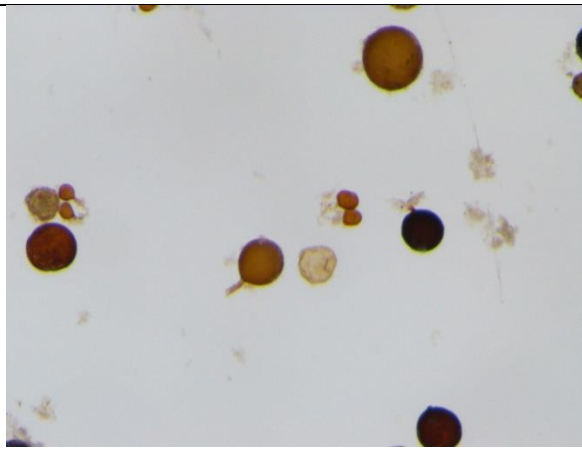
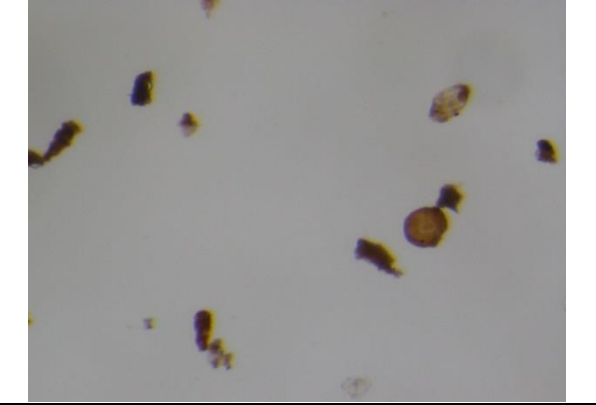


Tabela 19. Wpływ aplikacji Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego oraz nawożenia organicznego na liczbę zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych (AGM) w 100g gleby ryzosferowej drzew jabłoni odmiany Ariwa (Sad Doświadczalny, Dąbrowice, 2019).

Traktowanie	Liczba zarodników w 100g gleby
Kontrola	7a
Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	28c
Florovit NPK	3a
Florovit NPK + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	17b
Biowęgiel	15b
Biowęgiel + Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe	21b
Biowęgiel + Florovit NPK	8a

W doświadczeniu polowym na drzewach jabłoni odmiany Ariwa wykazano korzystne działanie bioproduktów wzbogaconych mikrobiologicznie (Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowe) na formowanie większej liczby zarodników arbuskularnych grzybów mykoryzowych w ryzosferze drzew jabłoni, w porównaniu do kontroli bez nawożenia. W porównaniu do kontroli bez nawożenia i nawożenia Florovitem NPK, aplikacja Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowego wpłynęła istotnie na uformowanie największej liczby zarodników AGM w ryzosferze drzew jabłoni.

	
Fot. 22. Kontrola (bez nawożenia) – zarodnik AGM w ryzosferze drzew jabłoni odmiany Ariwa.	Fot. 23. Traktowanie Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym – zarodniki AGM w ryzosferze drzew jabłoni odmiany Ariwa.
	
Fot. 24. Traktowanie Florovitem NPK - kielkujący zarodnik AGM w ryzosferze drzew jabłoni odmiany Ariwa.	Fot. 25. Traktowanie biogłem z łączną aplikacją Konsorcjum bakteryjno-mykoryzowym - zarodniki AGM w ryzosferze drzew jabłoni odmiany Ariwa.

ZALECENIA DLA PRAKTYKI

- W doświadczeniach polowych wykazano dużą skuteczność stosowania naturalnych nawozów wzbogaconych mikrobiologicznie na zwiększenie wzrostu i plonowania drzew jabłoni oraz jakości gleb uprawnych.
- Aplikacja bionawozów wpłynęła na zwiększenie zawartości składników mineralnych i materii organicznej w glebie oraz wielkości populacji, bioróżnorodności i przeżywalności bakterii ryzosferowych i grzybów mykoryzowych w glebie ryzosferowej.
- Bionawozy i biopreparaty zawierające pożyteczne mikroorganizmy glebowe mogą być stosowane do nawożenia drzew jabłoni.
- Stosowanie bionawozów wzbogaconych mikrobiologicznie jest skuteczną i opłacalną technologią nawożenia drzew jabłoni, w stosunku do standardowego nawożenia NPK.