

## WPŁYW GRZYBÓW MIKORYZOWYCH NA WYBRANE WSKAŹNIKI ŻYZNOŚCI GLEBY LEKKIEJ UŻYTKOWANEJ OGRODNICZO W REJONIE NIZINY SZCZECIŃSKIEJ

*Anna Jaroszevska*

Katedra Agronomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-434 Szczecin  
e-mail: Anna.Jaroszevska@zut.edu.pl

**Streszczenie.** W latach 2014-2015 w Stacji Doświadczalnej ZUT w Szczecinie, w Lipniku (53°20'35"N 14°58'10"E) przeprowadzono badania mające na celu ocenę wpływu grzybów mikoryzowych na wybrane właściwości gleby oraz zawartość makro- i mikroelementów w glebie lekkiej użytkowanej ogrodniczo. Mikoryzacja wykonana została grzybnia ektomikoryzową, symbiotyczną dla roślin z rodziny oliwkowatych. Izolat pochodził z naturalnych siedlisk w Chorwacji. Zawierał symbiotyczne grzyby mikoryzowe (*Glomus* spp, *Gigaspora* spp, *Pochonia* spp, *Lecanicillum* spp), oraz bakterie korzeniowe (*Bacillus* spp). Gleba, na której przeprowadzono doświadczenie należy do gleb rdzawych typowych (Systematyka Gleb Polski 2011), według IUSS Working Group WRB (2015) klasyfikowana jest jako gleba brunatna wylugowana (Haplic Cambisol). Eksperyment został założony w układzie bloków losowych w 5 powtórzeniach (jeden krzak – jedno powtórzenie) z czterema odmianami krzewów rokitnika (*Hippophaë rhamnoides* L.). Doświadczenie obejmowało dwa czynniki: I – mikoryza: O – obiekty kontrolne, bez mikoryzy; M – obiekty z mikoryzą, II – cztery odmiany rokitnika: 'Ascola', 'Habego', 'Hergo' i 'Leikora'. W pobranych z każdego poletka doświadczalnego (poletka mikoryzowane i nie mikoryzowane) próbkach gleby badano: pH, zawartość  $C_{org.}$ , materii organicznej, makro- i mikroelementów. Gleba mikoryzowana charakteryzowała się większą zawartością  $C_{org.}$ , materii organicznej oraz N, P, Mg, Ca i Zn. Odmiany w mniejszym stopniu niż mikoryza różnicowały wartości badanych cech. Na podstawie przeprowadzonych badań nie można jednoznacznie określić czy zmiany zachodzące w glebie pod wpływem mikoryzy mają charakter stały, dlatego konieczna jest kontynuacja badań.

**Słowa kluczowe:** mikoryza, pH, węgiel organiczny, makroelementy, mikroelementy

### WSTĘP

Warunki środowiska glebowego są wynikiem oddziaływań czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych. Zawartość oraz wzajemne relacje składników

pokarmowych decydują o zaspokojeniu wymagań pokarmowych roślin, co wpływa bezpośrednio na stan zdrowotny oraz możliwości ich rozwoju (Łukasiewicz 2012). Jedną z podstawowych funkcji makroskładników jest udział w budowie ważnych związków organicznych występujących w roślinie. Brak niektórych makroskładników w glebie jest podstawowym czynnikiem ograniczającym plonowanie roślin uprawnych na całym świecie (Sanchez 2002).

Metale ciężkie w zależności od ich rodzaju, stężenia w środowisku oraz form, w jakich występują, mogą oddziaływać na organizmy żywe stymulująco lub toksycznie (Ociepa-Kubicka i Ociepa 2012). Akumulują się w glebie, a następnie przedostają do łańcucha troficznego, co z kolei może prowadzić do zachwiania prawidłowego rozwoju wszystkich organizmów. Konsekwencje zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi mogą prowadzić do niebezpiecznych zmian ekologicznych, opóźnionych, gdyż rzadko są widoczne w krótkim okresie czasu. Cechą wyróżniającą je od innych substancji niepożądanych jest to, że nie ulegają one biodegradacji, a jedynie biotransformacji na skutek zachodzących w glebie złożonych procesów fizyczno-chemicznych i biologicznych (Luo i in. 2012, Czech i in. 2014).

Działalność mikroorganizmów często powoduje unieruchomienie lub mobilizację metali w glebie, w zależności m.in. od rodzaju organizmów, a także mikrośrodowiska, w którym procesy te mają miejsce (Gadd 2007, Audet i Charest 2010, Gadd 2010). Wprowadzenie preparatów mikrobiologicznych do podłoża, wywiera korzystny wpływ na rośliny poprzez zwiększenie przyswajalności składników trudnodostępnych dla roślin, ograniczenie procesów gnilnych, poprawę zdolności próchnicotwórczych, eliminację patogenów oraz poprawę wzrostu i jakości płodów rolnych (Kosicka i in. 2015). Grzyby ektomikoryzowe są w stanie wspomagać wzrost rośliny przez obniżenie stresu wynikającego z niedoboru wody lub fosforu (Dąbrowska 2014). Uczestniczą w uruchamianiu azotu ze związków organicznych oraz zwiększają pobieranie azotu z gleby przez rośliny (Van der Heijden i in. 2006).

Konieczność respektowania przez państwa członkowskie Dyrektyw Unii Europejskiej dotyczących ochrony środowiska, nawożenia i pro-ekologicznych zasad produkcji roślinnej zmuszają producentów do poszukiwania innych technik niż ochrona chemiczna i nawożenie mineralne. Mikoryzacja może stanowić jedno z efektywniejszych rozwiązań problemów związanych z nawożeniem i ochroną roślin szczególnie przed chorobami wywoływanymi przez grzyby chorobotwórcze (Kubiak 2006).

Celem pracy była ocena wpływu zastosowanych grzybów mikoryzowych na wybrane właściwości gleby oraz zawartość makro- i mikroelementów w glebie lekkiej użytkowanej ogrodniczo na terenie Niziny Szczecińskiej.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2014-2015 w Stacji Doświadczalnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, w Lipniku (53°20'35"N 14°58'10"E) koło Stargardu Szczecińskiego. Gleba, na której prowadzono doświadczenie należy do gleb rdzawych typowych (Systematyka Gleb Polski 2011), według IUSS Working Group WRB (2015) klasyfikowana jest jako gleba brunatna wylugowana (Haplic Cambisol). W poziomie Ap wykazuje skład granulometryczny piasku gliniastego o odczynie lekko kwaśnym. Poziom próchniczny wytworzony jest z piasków gliniastych. Eksperyment został założony w układzie bloków losowych w 5 powtórzeniach (jeden krzak – jedno powtórzenie) z czterema odmianami krzewów rokitnika (*Hippophaë rhamnoides* L.). Doświadczenie przeprowadzono na dwu i trzyletnich krzewach. Rośliny posadzono w rozstawie 4 x 3 m. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 12 m<sup>2</sup>. W doświadczeniu oceniano wpływ mikoryzacji i odmiany na pH gleby, zawartość węgla organicznego, materii organicznej oraz makro- i mikroelementów w glebie. Doświadczenie obejmowało dwa czynniki: I – mikoryza: O – obiekty kontrolne, bez mikoryzy; M – obiekty z mikoryzą, II – cztery odmiany rokitnika: 'Ascola', 'Habego', 'Hergo' i 'Leikora'. Mikoryzacja wykonana została grzybnią ektomikoryzową, symbiotyczną dla roślin z rodziny oliwkowatych. Izolat pochodził z naturalnych siedlisk w Chorwacji. Zawierał symbiotyczne grzyby mikoryzowe (*Glomus* spp, *Gigaspora* spp, *Pochonia* spp, *Lecanicillum* spp), oraz bakterie korzeniowe (*Bacillus* spp). Zastosowano jednorazowo dawkę 15 ml x 2 w strefę korzeniową jednorocznych krzewów rokitnika. Grzybnia zawierała dodatek hydrożelu (dawka wilgoci niezbędna dla grzybni w pierwszym okresie rozwoju). Próbkę glebową pobierano wiosną, z każdego poletka doświadczalnego (poletka mikoryzowane i nie mikoryzowane) z warstwy gleby 0-30 cm. Materiał glebowy pobierano za pomocą łaski Egnera, z kilku miejsc, tworząc z uzyskanych próbek średnią próbę zbiorczą.

Odczyn gleby pH<sub>KCl</sub> oznaczono potencjometrycznie według normy (ISO 10390/1997). Ilość węgla organicznego oznaczono metodą kolorymetryczną Westerhoffa. Zawartość substancji organicznej metodą wagową poprzez wyżarzanie gleby w temperaturze 400°C. Koncentrację azotu ogólnego (N) oznaczono w próbkach mineralizowanych w kwasie siarkowym (VI) z H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – metodą Kjeldahla. Zawartość w glebie przyswajalnego fosforu (P) i potasu (K) oznaczono metodą Egnera-Riehma (DL) (Egner i in. 1960). Do oznaczenia ilości w glebie wapnia (Ca) i magnezu (Mg) wymiennego zastosowano ekstrakcję zbuforowanym roztworem chlorku baru o pH=8.1 (ISO 13536:2002P). Ogólną zawartość metali: żelaza, manganu, cynku, ołowiu, niklu, kadmu i miedzi (Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Cd i Cu) oznaczono w próbkach glebowych po spaleniu na mokro w mieszaninie

kwasów azotowego (V) i chlorowego (VII), (ISO 11047:2001). Analizy wykonano przy użyciu Spektrometru Absorpcji Atomowej (Firmy – Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series).

W porównaniu do wielolecia (1961-2004), lata w których prowadzono badania (2014 i 2015) były cieplejsze, kolejno o 1,3 i 0,7°C. Większe opady deszczu odnotowano w 2014 roku (o 131,7 mm). Kolejny rok badań okazał się suchszy w porównaniu do analogicznego okresu w wieloleciu, suma opadów była mniejsza o 78,1 mm (tab. 1).

**Tabela 1.** Suma opadów (mm) oraz średnie temperatury powietrza (°C) w latach 2014-2015  
**Table 1.** Sum of rainfall (mm) and mean air temperature (°C) in the period of 2014-2015

| Miesiąc<br>Month | Średnie z wielolecia<br>Long-term average 1961-2004 |                            | Opady<br>Rain |       | Temperatura<br>Temperature |      |
|------------------|---|----------------------------|---------------|-------|----------------------------|------|
|                  | Opady<br>Rainfall                                   | Temperatura<br>Temperature | 2014          | 2015  | 2014                       | 2015 |
| IV               | 34,9  | 8,9                        | 37,0          | 15,4  | 11,1                       | 8,3  |
| V                | 48,6  | 13,2                       | 100,5         | 44,3  | 14,0                       | 12,3 |
| VI               | 61,7  | 16,2                       | 48,5          | 46,9  | 16,9                       | 16,5 |
| VII              | 70,9  | 18,1                       | 95,0          | 63,9  | 21,8                       | 19,4 |
| VIII             | 54,1  | 18,1                       | 66,5          | 19,6  | 18,2                       | 21,6 |
| IX               | 51,6  | 13,6                       | 106,0         | 53,6  | 19,9                       | 14,5 |
| IV-IX            | 321,8   | 14,7                       | 453,5         | 243,7 | 16,0                       | 15,4 |

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 10. Wyniki dotyczące pH, zawartości węgla organicznego, substancji organicznej, makroelementów oraz mikroelementów w glebie poddano dwuczynnikowej analizie wariancji oraz porównano je wielokrotnym testem Tukeya przy poziomie istotności  $p = 0,05$ . Określono również współczynniki korelacji prostej pomiędzy niektórymi właściwościami gleby a zawartością w niej makro- i mikroelementów.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Rozpuszczalności składników mineralnych, prawidłowy rozwój roślin oraz mikroorganizmów glebowych w znacznym stopniu zależy od odczynu gleby. Nie stwierdzono istotnego wpływu badanych czynników na pH gleby (tab. 2). Wskaźnik pH w wierzchniej warstwie gleby był zbliżony we wszystkich kombinacjach doświadczalnych i wahał się pomiędzy 3,82 do 4,18, co klasyfikuje badane gleby do bardzo kwaśnych, sprzyjających rozwojowi mikoryzy (Hilszczańska 1997). Mniejsza wartość wskaźnika pH została odnotowana w roku 2014, charakteryzującym się większą sumą opadów w porównaniu do wyraźnie suchszego roku 2015, co koreluje z doniesieniami

Filipka i Skowrońskiej (2013), którzy stwierdzili, że wymywanie kationów zasadowych z gleb jest szczególnie intensywne w rejonach o dużej intensywności opadów.

**Tabela 2.** pH<sub>KCl</sub>, węgiel organiczny (g·kg<sup>-1</sup> s. m.), materia organiczna (g·kg<sup>-1</sup> s.m.), azot ogółem (g·kg<sup>-1</sup> s.m.), przyswajalny fosfor i potas oraz wymienny magnez i wapń (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) w glebie  
**Table 2.** pH<sub>KCl</sub>, organic carbon (C<sub>org</sub>) (g kg<sup>-1</sup> d.m.), organic matter (g kg<sup>-1</sup> d.m.), total nitrogen (g kg<sup>-1</sup> d.m.), available phosphorus and potassium and replaceable magnesium and calcium (mg kg<sup>-1</sup> d.m.) in soil

| Specyfikacja<br>Specification | pH <sub>KCl</sub> | C <sub>org.</sub> | Materia org.<br>Organic matter | N                  | P                 | K                 | Mg                | Ca                 | C <sub>org.</sub> :N |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| Mikoryzacja – Mycorrhization  |                   |                   |                                |                    |                   |                   |                   |                    |                      |
| O                             | 3,93 <sup>a</sup> | 5,22 <sup>b</sup> | 14,4 <sup>b</sup>              | 0,28 <sup>b</sup>  | 53,1 <sup>b</sup> | 61,1 <sup>a</sup> | 46,6 <sup>b</sup> | 252,8 <sup>b</sup> | 18,6 <sup>a</sup>    |
| M                             | 4,09 <sup>a</sup> | 5,58 <sup>a</sup> | 16,2 <sup>a</sup>              | 0,35 <sup>a</sup>  | 63,6 <sup>a</sup> | 61,0 <sup>a</sup> | 52,8 <sup>a</sup> | 310,8 <sup>a</sup> | 15,9 <sup>b</sup>    |
| Odmiana – Variety             |                   |                   |                                |                    |                   |                   |                   |                    |                      |
| Ascola                        | 4,18 <sup>a</sup> | 5,61 <sup>a</sup> | 15,4 <sup>a</sup>              | 0,33 <sup>ab</sup> | 60,7 <sup>a</sup> | 61,9 <sup>a</sup> | 53,2 <sup>a</sup> | 311,0 <sup>a</sup> | 17,0 <sup>bc</sup>   |
| Habego                        | 4,02 <sup>a</sup> | 5,31 <sup>a</sup> | 15,1 <sup>a</sup>              | 0,35 <sup>a</sup>  | 53,3 <sup>a</sup> | 65,2 <sup>a</sup> | 54,2 <sup>a</sup> | 288,9 <sup>a</sup> | 15,2 <sup>c</sup>    |
| Hergo                         | 4,01 <sup>a</sup> | 5,26 <sup>a</sup> | 14,5 <sup>a</sup>              | 0,28 <sup>c</sup>  | 62,0 <sup>a</sup> | 68,2 <sup>a</sup> | 45,2 <sup>b</sup> | 274,7 <sup>a</sup> | 18,8 <sup>a</sup>    |
| Leikora                       | 3,81 <sup>a</sup> | 5,41 <sup>a</sup> | 16,1 <sup>a</sup>              | 0,30 <sup>bc</sup> | 57,3 <sup>a</sup> | 56,9 <sup>a</sup> | 45,9 <sup>b</sup> | 252,5 <sup>a</sup> | 18,0 <sup>ab</sup>   |
| Lata – Years                  |                   |                   |                                |                    |                   |                   |                   |                    |                      |
| 2014                          | 3,77 <sup>b</sup> | 5,01 <sup>b</sup> | 14,4 <sup>b</sup>              | 0,31 <sup>a</sup>  | 61,1 <sup>a</sup> | 69,9 <sup>a</sup> | 36,2 <sup>b</sup> | 322,7 <sup>a</sup> | 16,2 <sup>a</sup>    |
| 2015                          | 4,24 <sup>a</sup> | 5,79 <sup>a</sup> | 16,2 <sup>a</sup>              | 0,32 <sup>a</sup>  | 55,6 <sup>a</sup> | 56,3 <sup>b</sup> | 63,1 <sup>a</sup> | 240,0 <sup>b</sup> | 18,1 <sup>a</sup>    |

Objaśnienia – Explanatory notes: średnie wartości oznaczone tymi samymi literkami w każdej kolumnie nie różnią się istotnie przy  $p \leq 0,05$ ; mean values with the same letter in each column are not significantly different at  $p \leq 0.05$

Materia organiczna poprzez oddziaływanie na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleb, wpływa na ich funkcję produkcyjną. Jest źródłem składników pokarmowych dla roślin i łatwo dostępnego węgla dla wielu grup drobnoustrojów, pełni też funkcję retencyjną (Ukalska-Jaruga i in. 2015). W badaniach własnych istotnie więcej C<sub>org.</sub> i materii organicznej odnotowano w glebie mikoryzowanej w porównaniu z glebą z obiektów kontrolnych (bez mikoryzy), odpowiednio o 7 i 12% (tab. 2), co nie znajduje potwierdzenia w badaniach Van der Heijden i in. (2006), którzy wykazali brak istotnego wpływu mikoryzy na zmiany zawartości materii organicznej w glebie. Odmiany rokitnika nie miały istotnego wpływu na zawartości badanych właściwości gleby. Lata badań różniły się zawartością C<sub>org.</sub> i materii organicznej w analizowanych próbkach gleby, co mogło być wynikiem zmian warunków wilgotnościowych (Kulik 2011). Istotnie większe ilości C<sub>org.</sub> i materii organicznej stwierdzono w drugim roku badań, kolejno o 15 i 13%.

Do pierwiastków pobieranych z gleby przez rośliny w stosunkowo dużych ilościach należą makroelementy. Oprócz funkcji budulcowych, biorą udział w szeregu procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie. Ich niedobór pro-

wadzi m.in.: do zahamowania wzrostu i rozwoju roślin, deformacji i chlorozy liści, oraz licznych chorób. Badana gleba zawierała średnio: 0,31 g N·kg<sup>-1</sup> s.m., 58,3 mg P·kg<sup>-1</sup> s.m., 61,0 mg K·kg<sup>-1</sup> s.m., 49,7 mg Mg·kg<sup>-1</sup> s.m., 281,8 mg Ca·kg<sup>-1</sup> s.m. (tab. 2). Według liczb granicznych dla zawartości składników przyswajalnych w glebie (Sadowski i in. 1996), jej zasobność kształtowała się na poziomie średniej dla K, oraz wysokiej dla Mg i P. Zakwaszenie gleb powoduje najczęściej mobilizację i immobilizację składników pokarmowych roślin i toksycznych metali ciężkich. Prowadzi to do wymywania kationów zasadowych z gleb, zwłaszcza Mg<sup>2+</sup> i Ca<sup>2+</sup> (Filipek i Skowrońska 2013). Według Finlaya (2008) wiele grzybów mikoryzowych oprócz poprawy wchłaniania składników pokarmowych roślin mineralnych, może odgrywać znaczącą rolę w mobilizowaniu składników odżywczych z podłoża organicznego. W badaniach własnych istotnie większą zawartością makroskładników charakteryzowała się gleba mikoryzowana, kolejno o: 25% N, 20% P, 13% Mg i 23% Ca, w porównaniu z glebą pochodzącą z poletek kontrolnych (bez mikoryzy). Zdaniem Marschnera (1996) większa ilość Ca w glebie może być efektem mikoryzacji. Istotnie więcej N i Mg stwierdzono w glebie pobranej z poletek na których uprawiano odmianę 'Habego'. W próbkach gleby pobranych w pierwszym roku badań zanotowano istotnie większe ilości K i Ca niż w kolejnym roku badań. Gleba pobrana w 2015 roku, wyraźnie suchszym w porównaniu do roku 2014 cechowała się blisko dwukrotnie większą koncentracją Mg. Zwiększoną zawartość Mg w glebie przy uwilgotnieniu 80% połowej pojemności wodnej, w porównaniu do 40 i 60% połowej pojemności wodnej wykazała Martyniak (2009).

Stosunek C:N decyduje o dostępności azotu dla roślin. Węższy stosunek C:N pozwala w większym stopniu korzystać z azotu roślinom, szerszy sprzyja natomiast zbiłczaniu azotu glebowego (Kowalkowski i Swałdek 1994). Istotnie mniejszy stosunek C:N stwierdzono w glebie z poletek mikoryzowanych (tab. 2). Najmniejszy stosunek C:N zanotowano w glebie pobranej z poletek na których uprawiano odmianę 'Habego'. Nie stwierdzono istotnej różnicy w wartości badanej cechy pomiędzy kolejnymi latami badań.

Metale ciężkie to mikroelementy, które w niewielkich dawkach są niezbędne do prawidłowego rozwoju roślin i przebiegu wielu procesów metabolicznych. Jednak pobieranie pierwiastków śladowych z zanieczyszczonych gleb przez rośliny przekracza często ich zapotrzebowanie fizjologiczne, co powoduje, że nadmiar tych pierwiastków w glebach może działać fitotoksycznie (Niesiobędzka i in. 2005). Średnio badana gleba zawierała: 27,7 mg Zn·kg<sup>-1</sup> s.m., 4253,8 mg Fe·kg<sup>-1</sup> s.m., 161,7 mg Mn·kg<sup>-1</sup> s.m., 3,20 mg Cu·kg<sup>-1</sup> s.m., 17,1 mg Ni·kg<sup>-1</sup> s.m., 9,58 mg Pb·kg<sup>-1</sup> s.m., oraz 3,81 mg Cd·kg<sup>-1</sup> s.m. (tab. 3). W żadnym z badanych obiektów doświadczalnych zawartość metali w glebie nie przekroczyła wartości dopuszczalnych (Dz.U. nr 165, poz. 1359, rozporządzenie Ministra Środowiska 2002). Grzyby mikoryzowe dzięki zdolności do

wytwarzania barwników polifenolowych, wiążą metale toksyczne (Pb, Zn, Cd) na zewnątrz grzybni, a w warunkach ich deficytu w glebie udostępniają roślinom, znacząco podnosząc plony (Hilszczańska 1997, Rilling i in. 2001). Zastosowana w doświadczeniu mikoryza różnicowała istotnie jedynie zawartość Zn w glebie. W porównaniu do gleby z poletek nie mikoryzowanych koncentracja Zn była większa o 5% (tab. 3). Zdaniem Filipka i Skowrońskiej (2013) wraz z zakwaszeniem gleby zwiększa się przyswajanie mikroelementów pobieranych w formie kationów:  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  oraz metali ciężkich, gdyż w tych warunkach ich rozpuszczalność ulega zwiększeniu. W przeprowadzonych badaniach pomimo, iż nie wykazano wysoce istotnej zależności (tab. 4) pomiędzy pH gleby a zawartością w niej mikroskładników, mniejszą ich ilość stwierdzono w drugim roku, cechującym się istotnie większym wskaźnikiem pH. Podobna tendencja zaznaczyła się w próbkach gleby pobranej z poletek mikoryzowanych.

**Tabela 3.** Wybrane mikroelementy ( $mg \cdot kg^{-1}$  s.m.) w glebie

**Table 3.** Selected micronutrients ( $mg \cdot kg^{-1}$  d.m.) in soil

| Specyfikacja<br>Specification | Zn                | Fe                  | Mn                  | Cu                | Ni                | Pb                | Cd                |
|-------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Mikoryzacja – Mycorrhization  |                   |                     |                     |                   |                   |                   |                   |
| O                             | 26,9 <sup>b</sup> | 4334,4 <sup>a</sup> | 160,4 <sup>a</sup>  | 3,10 <sup>a</sup> | 17,2 <sup>a</sup> | 9,82 <sup>a</sup> | 3,83 <sup>a</sup> |
| M                             | 28,4 <sup>a</sup> | 4173,2 <sup>a</sup> | 162,9 <sup>a</sup>  | 3,30 <sup>a</sup> | 17,1 <sup>a</sup> | 9,33 <sup>a</sup> | 3,79 <sup>a</sup> |
| Odmiana – Variety             |                   |                     |                     |                   |                   |                   |                   |
| Ascola                        | 26,5 <sup>b</sup> | 4362,5 <sup>a</sup> | 145,4 <sup>c</sup>  | 3,17 <sup>a</sup> | 16,7 <sup>a</sup> | 8,98 <sup>b</sup> | 3,96 <sup>a</sup> |
| Habego                        | 27,5 <sup>b</sup> | 4440,6 <sup>a</sup> | 180,5 <sup>a</sup>  | 3,44 <sup>a</sup> | 17,3 <sup>a</sup> | 10,6 <sup>a</sup> | 3,75 <sup>a</sup> |
| Hergo                         | 26,9 <sup>b</sup> | 4263,5 <sup>a</sup> | 159,6 <sup>bc</sup> | 3,03 <sup>a</sup> | 17,6 <sup>a</sup> | 10,3 <sup>a</sup> | 3,74 <sup>a</sup> |
| Leikora                       | 29,7 <sup>a</sup> | 3968,9 <sup>a</sup> | 161,2 <sup>ab</sup> | 3,17 <sup>a</sup> | 17,1 <sup>a</sup> | 8,44 <sup>b</sup> | 3,80 <sup>a</sup> |
| Lata – Years                  |                   |                     |                     |                   |                   |                   |                   |
| 2014                          | 29,9 <sup>b</sup> | 4670,5 <sup>a</sup> | 178,9 <sup>a</sup>  | 3,24 <sup>a</sup> | 17,0 <sup>a</sup> | 9,72 <sup>a</sup> | 4,01 <sup>a</sup> |
| 2015                          | 25,5 <sup>a</sup> | 3836,9 <sup>b</sup> | 144,3 <sup>b</sup>  | 3,16 <sup>a</sup> | 17,3 <sup>a</sup> | 9,42 <sup>a</sup> | 3,61 <sup>b</sup> |

Objaśnienia – Explanatory notes: średnie wartości oznaczone tymi samymi literkami w każdej kolumnie nie różnią się istotnie przy  $p \leq 0,05$ ; mean values with the same letter in each column are not significantly different at  $p \leq 0,05$

W wyniku analizy statystycznej wykazano istotne (na poziomie 0,05), dodatnie korelacje pomiędzy zawartością  $C_{org.}$  a przyswajalną formą P oraz pomiędzy ilością materii organicznej a przyswajalną formą Mg, jednak wartości współczynników są małe ( $r = 0,35$ ,  $r = 0,37$ ). Odnotowano również dodatnie korelacje pomiędzy pH gleby a koncentracją Mg ( $r = 0,60$ ), co znajduje potwierdzenie w cytowanej powyżej literaturze (Filipek i Skowrońska 2013). Ponadto stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością  $C_{org.}$ , a zawartością Zn i Cd ( $r = 0,64$ ,  $r = 0,58$ ) oraz ujemną korelację pomiędzy ilością materii organicznej, a koncentracją Pb ( $r = -0,41$ ).

**Tabela 4.** Współczynniki korelacji liniowej (r) pomiędzy niektórymi właściwościami gleby a zawartością w niej makro- i mikrośladników

**Table 4.** Simple correlation coefficients (r) between some soil properties and content of macro- and microelements

| Składnik<br>Element | pH           | C <sub>org.</sub> | Materia organiczna<br>Organic matter |
|---------------------|--------------|-------------------|--------------------------------------|
| N                   | 0,15         | 0,22              | 0,34                                 |
| P                   | 0,02         | <b>0,35</b>       | 0,22                                 |
| K                   | 0,09         | 0,30              | -0,32                                |
| Ca                  | 0,18         | 0,34              | -0,17                                |
| Mg                  | <b>0,60*</b> | -0,33             | <b>0,37</b>                          |
| Zn                  | -0,05        | <b>0,64</b>       | -0,22                                |
| Fe                  | -0,33        | 0,25              | -0,27                                |
| Mn                  | -0,17        | 0,28              | -0,34                                |
| Cu                  | 0,09         | -0,02             | -0,11                                |
| Ni                  | 0,07         | -0,25             | -0,25                                |
| Pb                  | -0,12        | 0,05              | <b>-0,41</b>                         |
| Cd                  | -0,04        | <b>0,58</b>       | -0,19                                |

Objaśnienia – Explanatory notes: \* (dane pogrubione) istotne. \* (figures in bold) significant

#### WNIOSKI

Stosowanie grzybów mikoryzowych wydaje się być skuteczną metodą poprawy żyzności gleby, na co wskazują wyniki badań przedstawione w powyższym opracowaniu. Jednak ze względu na krótki okres badań nie można jednoznacznie określić kierunku zmian zachodzących w glebie pod wpływem mikoryzy i dlatego konieczna jest kontynuacja badań.

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

1. Glebę mikoryzowaną charakteryzowała istotnie większa zawartość C<sub>org.</sub>, materii organicznej oraz N, P, Mg, Ca i Zn.

2. Odmiany w mniejszym stopniu niż mikoryza różnicowały badane właściwości gleby oraz zawartość w niej składników mineralnych. Istotnie najwięcej N, Mg, Mn i Pb stwierdzono w glebie pobranej z poletek, na których uprawiano odmianę 'Habego'.

3. W drugim roku badań zanotowano większą zawartość C<sub>org.</sub>, materii organicznej oraz Mg w glebie, a mniejszą mikroelementów, na co prawdopodobnie miał wpływ istotnie większy wskaźnik pH gleby.

4. Pomiędzy zawartością C<sub>org.</sub>, a P, Zn i Cd, oraz pomiędzy pH gleby a zawartością Mg odnotowano istotnie dodatnią korelację. Dodatnią korelację stwierdzono również pomiędzy ilością materii organicznej a Mg. Ujemną korelację zanotowano pomiędzy zawartością materii organicznej a Pb.



## PIŚMIENNICTWO

- Audet P., Charest C., 2010. Determining the impact of the AM mycorrhizosphere on 'dwarf' sunflower Zn uptake and soil Zn bioavailability. *J. Bot.*, 2010, 1-11.
- Czech T., Baran A., Wieczorek J., 2014. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu gminy Borzęcin (województwo małopolskie). *Inż. Ekolog.*, 37, 89-98.
- Dąbrowska G., 2014. Rola genów metalotionein i mikroorganizmów w reakcji rzepaku na działanie czynników stresowych. *Rośliny Oleiste.*, 35, 49-58.
- Egner H., Riehm H., Domingo W.R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden, II: Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans. Annaler*, 26, 199-215.
- Filipek T., Skowrońska M., 2013. Aktualnie dominujące przyczyny i skutki zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. *Acta Agrophysica*, 20(2), 283-294.
- Finlay R.D., 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *J. Exp. Bot.*, 59(5), 1115-1126.
- Gadd G.M., 2007. Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals, and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation. *Mycol. Res.*, 111, 3-49.
- Gadd G.M., 2010. Metals, minerals, and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology*, 156, 609-643.
- Hilszczańska D., 1997. Mikoryzy i ich role w środowisku. *Sylvan*, 2, 59-64.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World reference base for soil resources. *World Soil Resources Reports*, FAO, Rome, 106.
- Kosicka D., Wolna-Maruwka A., Trzeciak M., 2015. Wpływ preparatów mikrobiologicznych na glebę oraz wzrost i rozwój roślin. *Kosmos.*, 64(2), 327-335.
- Kowalkowski A., Swałdek M., 1994. Analiza podstawowych chemicznych właściwości gleb z elementami analityki. *WSP, Kielce*, 1-244.
- Kubiak J., 2006. Technologie i koszty mikoryzacji drzew i krzewów roślin ozdobnych w różnych fazach wzrostu. *Probl. Inż. Rol.*, 14(2), 135-146.
- Kulik M.A., 2011. Ocena zawartości materii organicznej w glebie torfowo-murszowej w warunkach zróżnicowanego użytkowania runi łąkowej. *Ann. UMCS Sec. E.*, 66(3), 1-10.
- Luo Ch., Yang R., Wang Y., Li Y., Zhang G., Li X., 2012. Influence of agricultural practice on trace metals in soils and vegetation in the water conservation area along the East River (Dongjiang River), South China. *Sci. Total Environ.*, 431, 26-32.
- Łukasiewicz Sz., 2012. Struktura fizyczna gruntu, zawartość substancji organicznej oraz skład chemiczny gleb w podłożach 21 stanowisk zieleni miejskiej na terenie Poznania. Część IV zawartość mikroelementów: Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, B oraz Na, Pb i Cd. *Wskaźnik zasolenia EC. Badania fizjograficzne r. III – seria A – Geografia Fizyczna*, A63, 049-075.
- Marschner H., 1996. *Mineral nutrition of higher plants*. Second Edition. Academic Press Harcourt Braze and Company Publisher, 889.
- Martyniak L., 2009. Wpływ uwilgotnienia i nawożenia NPK na zawartość magnezu i jego relacji do potasu w resztkach poźniwnych i glebie. *Ochr. Środ. Zasob. Natur.*, 40, 331-337.
- Niesiołowska K., Wojtkowska M., Krajewska E., 2005. Migracja cynku, ołowiu i kadmu w układzie gleba – roślinność w środowisku miejskim. *IOŚ, Warszawa*, III, 284-289.
- Ociepa-Kubicka A., Ociepa E., 2012. Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inż. Ochr. Środow.*, 15(2), 169-180.
- Rilling M.C., Wright S.F., Nichols K.A., Schmidt W.F., Torn M.S., 2001. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant Soil*, 233, 167-177.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska. 2002. Rozporządzenie w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U. nr 165, poz. 1359
- Sadowski A., Nurzyński J., Pacholak E., Smolarz K., 1996. Określenie potrzeb nawozowych roślin sadowniczych. Sad Karłowy Biuletyn, 1.
- Sanchez P A., 2002. Soil fertility and hunger in Africa. Science, 295, 2019-2020.
- Systematyka Gleb Polski. 2011. Roczn. Glebozn., LXII(3), 1-193.
- Van der Heijden M.G.A., Streitwolf-Engel R., Riedl R., Siegrist S., Neudecker A., Ineichen K., Boller T., Wiemken A., Sanders I.R., 2006. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrient and soil structure in experimental grassland. New Phytol., 172, 739-752.
- Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., 2015. Rola materii organicznej w procesach akumulacji trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) w glebach. Polish J Agron., 20, 15-23.

## INFLUENCE OF MYCORRHIZAL FUNGI ON CHANGES OF SELECTED FERTILITY INDICATORS OF LIGHT SOIL UNDER GARDENING USE IN THE REGION OF THE SZCZECIN LOWLAND

*Anna Jaroszewska*

Department of Agronomy, West Pomeranian University of Technology in Szczecin  
Papieża Pawła VI 3, 71-434 Szczecin, Poland  
e-mail: Anna.Jaroszevska@zut.edu.pl

**Abstract.** In the years 2014-2015, at the ZUT Szczecin Experimental Station in Lipnik (53°20'35"N14°58'10" E) a study was conducted to assess the impact of mycorrhizal fungi on selected soil properties and on the content of macro-and micronutrients in a sandy under gardening use. Mycorrhization was conducted with ectomycorrhizal mycelium, symbiotic for plants of the olive family. The isolate was obtained from natural ecosystems in Croatia. It contained symbiotic mycorrhizal fungi (*Glomus* spp, *Gigaspora* spp, *Pochonia* spp, *Lecanicillium* spp) and root bacteria (*Bacillus* spp). The soil on which the experiment was conducted belongs to the typical rusty soils group (CPS, 2011), classified as Haplic Cambisol according to IUSS Working Group WRB (2015). The experiment was conducted in the randomized block design in five replications (one shrub – one replication) with four varieties of sea buckthorn bushes (*Hippophaë rhamnoides* L.). The experiment included two factors: I – mycorrhiza: O – control treatments without mycorrhiza; M – treatments with mycorrhiza, II – four varieties of sea buckthorn: 'Ascola', 'Habego', 'Hergo' and 'Leikora'. Soil samples taken from each experimental plot (mycorrhizal and non-mycorrhizal plots) were used for the following assays: pH, C<sub>org.</sub>, organic matter, macro- and micronutrients. Mycorrhizal soil was characterised by a higher content of C<sub>org.</sub>, organic matter and N, P, Mg, Ca, Zn. The varieties differentiated the traits under study to a lesser extent than mycorrhiza. Based on the study it is not possible to determine univocally whether the changes in the soil under the influence of mycorrhiza are permanent, therefore it is necessary to continue the research.

**Key words:** mycorrhiza, pH, organic carbon, macroelements, microelements