

## 1. SUMMARY

Arbuscular mycorrhizal fungi (AGM) are obligate symbionts of the phylum Glomeromycota that are essential for the functioning of ecosystems, as the vast majority of land plants use them to take up hard-to-reach macro- and micronutrients from the soil. The symbiosis with AGM is particularly important for maritime sandy biotopes, where plant growth is limited by low soil quality and nutrient content, high salinity, as well as high insolation and strong winds. Numerous studies confirm the importance and universality of this symbiosis in dune areas.

One of such areas, poorly known in terms of AGM biodiversity, are maritime dunes of the Curonian Spit. So far, studies conducted there have suggested a high species richness of AGM and the occurrence of undescribed species. Therefore, the objectives of the undertaken research were: (1) to determine the occurrence and diversity of AGM associated with dune plants of the Curonian Spit on the basis of quantitative analyzes and morphology of spores extracted from field samples of rhizosphere soil and root fragments, pot cultures inoculated with these samples, and molecular phylogeny of these fungi, (2) to define the morphology and phylogeny of potentially new AGM species and species whose morphological descriptions and phylogenetic position were doubtful or unknown based on the collections from the Curonian Spit and the AGM collection grown in the Plant Protection Laboratory, Department of Environmental Management, Faculty of Environmental Management and Agriculture, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, and (3) to determine the possibility of using AGM in the protection of protected and endangered plants and dunes of the Curonian Spit.

The study was carried out in two dune areas located in the Lithuanian part of the Curonian Spit, in dunes of the strict reserve and the Parnidis dune, near the village of Nida. 132 field mixtures of rhizosphere soil and root fragments of five plant species (*Ammophila arenaria*, *Hieracium umbellatum*, *Lathyrus japonicus* ssp. *maritimus*, *Linaria loeselli*, *Viola littoralis*) were collected, from which 132 trap cultures were created. In total, 4162 spores were extracted from field samples and trap cultures, among which 25 species and 17 undescribed morphotypes were identified. The molecular phylogeny of the studied AGM was reconstructed based on sequence analyzes of the SSU-ITS-LSU nrDNA region and the *RPBI* gene.

The eudominants in the study area were *Cetraspora gilmorei*, *Acaulospora mellea*, and *Scutellospora dipurpurescens*, which constituted 32.32%, 13.41%, and 10.84% of all spores extracted from field samples, respectively. Four morphotypes represented the dominant group: *Glomus tetrastratosum* (9.13%), *G. microaggregatum* (8.82%), unrecognized *Diversispora* sp. (6.46%), and *Acaulospora paulinae* (5.52%).

The most frequently found species were *Cetraspora gilmorei* (present in 63.64% of samples), *Scutellospora dipurpurescens* (59.09%), *Glomus tetrastratosum* (46.97%), *Archaeospora trappei* (38.64%), *Rhizoglomus irregulare* (36.36%), and *C. pellucida* (22.73%).

For two research sites and the entire region, AGM diversity was determined on the basis of the following indices: H' Shannon species diversity, Simpson species richness  $D_1$ , Simpson  $D_2$  dominance, Berger-Parker BP dominance, and Simpson uniformity. The Jaccard Index was also calculated, which made it possible to compare the AGM species diversity of the study area with that found in other coastal dunes of the Baltic Sea coast, i.e., in the dunes of Bornholm and Słowiński National Park.



Based on morphological and phylogenetic analyses, a new family (*Pervetustaceae*), six new genera (*Desertispora*, *Halonatospora*, *Innospora*, *Oehlia*, *Pervetustus*, *Sclerocarpum*), and 19 new species (*Acaulospora ignota*, *Diversispora peridiata*, *D. sabulosa*, *D. slowinskiensis*, *D. sporocarpia*, *D. varaderana*, *Dominikia difficilevidera*, *Do. duoreactiva*, *Do. emiratia*, *Do. lithuanica*, *Do. litorea*, *Entrophospora hanlinii* (= *Claroideoglomus hanlinii*), *Glomus bareae*, *G. tetrastratosum*, *Kamienskia divaricata* (= *Mikrokamienskia divaricata*), *Pervetustus simplex*, *Rhizoglomus dunense*, *Sacullospora felinonii*, *Sclerocarpum amazonicum*) were described. In addition, five new nomenclature combinations were created (*Desertispora omaniana*, *Halonatospora pansihalos*, *Innospora majewskii*, *Oehlia diaphana*, *Rhizoglomus vesiculiferum*).

The conducted research showed that potentially the best AGM to be used in the protection of protected plants and endangered dunes of the Curonian Spit would be *Acaulospora mellea*, *Archaeospora trappei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus tetrastratosum*, *Rhizoglomus irregulare*, and *Scutellospora dipurpurescens* due to their dominant participation in the AGM spore communities of this area.

**Key words:** AGM, biodiversity, Glomeromycota, Curonian Spit, mycorrhiza, dunes.

## 2. STRESZCZENIE

Arbuskularne grzyby mykoryzowe (AGM) są obligatoryjnymi symbiontami z gromady Glomeromycota, które mają zasadnicze znaczenie dla funkcjonowania ekosystemów, ponieważ zdecydowana większość roślin lądowych wykorzystuje je do pobierania trudno dostępnych makro- i mikroelementów z gleby. Symbioza z AGM ma szczególnie duże znaczenie dla piaszczystych biotopów, gdzie wzrost roślin jest ograniczony niską jakością gleby i zasobnością w składniki odżywcze, dużym zasoleniem oraz nasłonecznieniem i silnymi wiatrami. Liczne badania potwierdzają znaczenie i powszechność tej symbiozy na terenach wydmych.

Jednym z takim obszarów, słabo poznanym pod względem bioróżnorodności AGM, są wydmy Mierzei Kurońskiej. Dotychczas przeprowadzone tam badania sugerowały duże bogactwo gatunkowe AGM i występowanie gatunków nieopisanych. Dlatego celami podjętych badań były: (1) określenie występowania i różnorodności AGM związanych z roślinami wydmy Mierzei Kurońskiej na podstawie analiz ilościowych i morfologii zarodników wyekstrahowanych z polowych prób gleby ryzosferowej i fragmentów korzeni, kultur wazonowych zainokulowanych tymi próbkami oraz molekularnej filogenezy tych grzybów, (2) zdefiniowanie morfologii i filogenezy potencjalnie nowych gatunków AGM oraz gatunków, których opisy morfologiczne i stanowisko filogenetyczne były wątpliwe lub nieznanne na podstawie zbiorów z Mierzei Kurońskiej oraz kolekcji AGM hodowanej w Pracowni Ochrony Roślin, Katedry Kształtowania Środowiska Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie i (3) określenie możliwości wykorzystania AGM w ochronie roślin chronionych i wydmy Mierzei Kurońskiej.

Badanie przeprowadzono na dwóch obszarach wydmych znajdujących się na litewskiej części Mierzei Kurońskiej, na wydmach rezerwatu ścisłego i wydmie Parnidis, obok miejscowości Nida. Pobrano 132 polowe mieszaniny gleby ryzosferowej i fragmentów korzeni pięciu gatunków roślin (*Ammophila arenaria*, *Hieracium umbellatum*, *Lathyrus japonicus* ssp. *maritimus*, *Linaria loeselli*, *Viola littoralis*), z których utworzono 132 kultury pułapkowe. Łącznie wyizolowano z prób polowych i kultur pułpkowych 4162 zarodniki, wśród których zidentyfikowano 25 gatunków i 17 nieopisanych morfotypów. Filogenezę molekularną badanych AGM rekonstruowano na podstawie analiz sekwencji regionu SSU-ITS-LSU nrDNA i genu *RPB1*.

Eudominantami na badanym terenie były *Cetraspora gilmorei*, *Acaulospora mellea* i *Scutellospora dipurpurescens*, które stanowiły odpowiednio 32,32%, 13,41% i 10,84% wszystkich zarodników wyekstrahowanych z prób polowych. Cztery morfotypy reprezentowały grupę dominantów: *Glomus tetrastratosum* (9,13%), *G. microaggregatum* (8,82%), nierozpoznana *Diversispora* sp. (6,46%) i *Acaulospora paulinae* (5,52%).

Najczęściej znajduwanymi gatunkami były *Cetraspora gilmorei* (obecna w 63,64% prób), *Scutellospora dipurpurescens* (59,09%), *Glomus tetrastratosum* (46,97%), *Archaeospora trappei* (38,64%), *Rhizoglomus irregulare* (36,36%) i *C. pellucida* (22,73%).

Dla dwóch stanowisk badawczych i dla całego rejonu określono różnorodność AGM na podstawie następujących wskaźników: różnorodność gatunkowa  $H'$  Shannona, bogactwo gatunkowe Simpsona  $D_1$ , dominacja Simpsona  $D_2$ , dominacja Bergera-Parkera BP i równomierność Simpsona. Obliczono również Indeks Jaccarda, który pozwolił porównać różnorodność gatunkową AGM badanego obszaru z różnorodnością gatunkową AGM stwierdzonych w innych wydmach nadmorskich wybrzeża Morza Bałtyckiego, tj. w wydmach Bornholmu i Słowińskiego Parku Narodowego.

Na podstawie przeprowadzonych analiz morfologicznych i filogenetycznych, opisano nową rodzinę (*Pervetustaceae*), sześć nowych rodzajów (*Desertispora*, *Halonatospora*, *Innospora*, *Oehlia*, *Pervetustus*, *Sclerocarpum*) i 19 nowych gatunków (*Acaulospora ignota*, *Diversispora peridiata*, *D. sabulosa*, *D. slowinskiensis*, *D. sporocarpia*, *D. varaderana*, *Dominikia difficilevidera*, *Do. duoreactiva*, *Do. emiratia*, *Do. lithuanica*, *Do. litorea*, *Entrophospora hanlinii* (= *Claroideoglomus hanlinii*), *Glomus bareae*, *G. tetrastratosum*, *Kamienskia divaricata* (= *Mikrokamienskia divaricata*), *Pervetustus simplex*, *Rhizoglomus dunense*, *Sacullospora felinonii*, *Sclerocarpum amazonicum*). Ponadto utworzono pięć nowych kombinacji nomenklaturowych (*Desertispora omaniana*, *Halonatospora pansihalos*, *Innospora majewskii*, *Oehlia diaphana*, *Rhizoglomus vesiculiferum*).

Przeprowadzone badania wykazały, że potencjalnie najlepszymi AGM do wykorzystania w ochronie roślin chronionych i wydm Mierzei Kurońskiej byłyby *Acaulospora mellea*, *Archaeospora trappei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus tetrastratosum*, *Rhizoglomus irregulare* i *Scutellospora dipurpurescens* z powodu ich dominującego udziału w zbiorowiskach zarodników AGM tego obszaru.

**Słowa kluczowe:** AGM, bioróżnorodność, Glomeromycota, Mierzeja Kurońska, mykoryza, wydmy.

23.06.2023  
Anna Kotwicka