

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Kiss Noémi**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Növényvédelmi Intézet**

**Növényorvos mesterképzési szak**

***GEOPHYTA* DÍSZNÖVÉNYEKEN ELŐFORDULÓ BAZÍDIUMOS  
GOMBÁK VIZSGÁLATA**

**Belső konzulensek:** Dr. Tóth Annamária

egyetemi adjunktus

Szendrei Lilla

PhD Hallgató

**Belső konzulensek**

**intézete/tanszéke:**

MATE, Budai Campus,

Növényvédelmi Intézet

Növénykórtani Tanszék

**Készítette:**

**Kiss Noémi**

**Budai Campus**

**2024**

# Tartalomjegyzék

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Bevezetés és célkitűzések.....                                         | 3  |
| 2. Irodalmi áttekintés .....                                              | 4  |
| 2.1 A <i>geophyta</i> dísnövények morfológiai sajátosságai .....          | 4  |
| 2.2 A <i>geophyta</i> dísnövények jelentősége .....                       | 5  |
| 2.3 A vizsgálatban szereplő gazdanövények nemzetségeinek bemutatása ..... | 6  |
| 2.4 A bazídiumos gombák jelentősége.....                                  | 7  |
| 2.5 A rozsdagombák és üszögök rendszertani besorolása.....                | 9  |
| 2.6. A bazídiumos gombák biológiája.....                                  | 9  |
| 2.6.1. A rozsdagombák fejlődésmenete .....                                | 9  |
| 2.6.2 A rozsdagombák életciklusa.....                                     | 11 |
| 2.6.3. Az üszöggombák biológiája .....                                    | 13 |
| 2.7. A bazídiumos gombák azonosítása .....                                | 13 |
| 2.8 <i>Geophyta</i> növényeket fertőző bazídiumos gombák .....            | 14 |
| 3. Anyag és módszer .....                                                 | 17 |
| 3.1 A vizsgálat helye és ideje .....                                      | 17 |
| 3.2. A vizsgálat anyaga .....                                             | 17 |
| 3.2.1 A növényi minták .....                                              | 17 |
| 3.2.2 A vizsgálatokhoz használt eszközök .....                            | 17 |
| 3.2.3. Az alkalmazott primerek .....                                      | 18 |
| 3.3 A vizsgálat módszere .....                                            | 18 |
| 3.3.1 Növényi részek gyűjtése.....                                        | 18 |
| 3.3.2. A minták morfológiai vizsgálata .....                              | 19 |
| 3.3.3 Molekuláris vizsgálatok .....                                       | 20 |
| 4. Eredmények.....                                                        | 23 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 A vizsgált növényeken megjelenő tünetek jellemzése .....                           | 23 |
| 4.2 A vizsgált spórák morfológiai jellemzése .....                                     | 26 |
| 4.2.1 Az <i>Uromyces</i> nemzetségbe tartozó rozsdagombák spóráinak morfológiája.....  | 26 |
| 4.2.2 Az <i>Ochropsora</i> nemzetségbe tartozó rozsdagomba spóráinak morfológiája..... | 28 |
| 4.2.3 A <i>Puccinia</i> nemzetségbe tartozó rozsdagombák spóráinak morfológiája.....   | 28 |
| 4.2.4 Az <i>Urocystis</i> nemzetségbe tartozó üszöggomba spóráinak morfológiája.....   | 31 |
| 4.3 A molekuláris vizsgálatok eredménye .....                                          | 32 |
| 4.3.1. <i>Uromyces</i> fajok azonosítása .....                                         | 32 |
| 4.3.2. <i>Puccinia</i> fajok azonosítása .....                                         | 33 |
| 4.3.3. <i>Urocystis</i> faj azonosítása .....                                          | 34 |
| 5. Következtetések .....                                                               | 36 |
| 6. Összefoglalás.....                                                                  | 39 |
| 8. Irodalomjegyzék.....                                                                | 40 |
| 9. Táblázatok és ábrák jegyzéke.....                                                   | 46 |
| 9.1 Táblázatok .....                                                                   | 46 |
| 9.2 Ábrák .....                                                                        | 46 |

# 1. Bevezetés és célkitűzések

Korábbi tanulmányaimat a Szent István Egyetem Dísznövény Tanszékén végeztem, ezért gombák iránti mérhetetlen érdeklődésemet, a dísznövények iránti elköteleződéssel szerettem volna vegyíteni.

A hagymás és gumós növények környezeti igényeik és jó alkalmazkodóképességük okán széles körben elterjedtek. Egy-egy pihentető kirándulás során mezőkön, réteken, erdőkben, cserjés társulásokban, de kietlen sziklagyepen is találkozhatunk velük. Könnyen kezelhető igényeiknek, egyszerű természetességüknek és a nemesítéseknek köszönhetően pedig díszkertekben, közparkokban is megtalálhatók. Bár az évnek csak rövid szakaszában díszítenek, megbízhatóságuk népszerűvé teszi őket. Ezt a népszerűséget felhasználási lehetőségeik sokfélesége is növeli, nevelhetjük őket virágágyakban, cserépben, balkonládában.

A dísznövények általában, de különösen a geofiton dísznövények és azok betegségei csak kevésbé kutatott terület. A gazdaságilag nem, vagy csak kis mértékben jelentős fajok kórokozóiról kevesebb ismeretünk van. Éppen ezért kiváló témái lehetnek egy-egy új vizsgálatnak.

Munkám során, különböző hagymás és gumós dísznövények bazídiumos gombák általi fertőzöttségének vizsgálatát tűztük ki célul. Fő célunk a kórokozók azonosítása volt, különböző morfológiai bélyegek alapján, illetve szekvencia analízissel arra is kerestük a választ, hogy a molekuláris azonosítás eredménye mennyiben egyezik a morfológiai azonosítás eredményével.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1 A *geophyta* dísznövények morfológiai sajátosságai

A hagymás és gumós növények életformájukat tekintve a *kryptophyton*-ok csoportjának *geophyta* (geofiton) alcsoportjába tartoznak, azaz áttelelő képleteik a felszín alatt 5 cm-re vagy annál mélyebben találhatók (Szűcs, 1977; Wilford, 2021). A geofitonok csoportjába számos növény tartozik, közös jellemzőjük, hogy a tápanyagok tárolására különböző, föld alatti szervekkel rendelkeznek. Bár ezen szervek megjelenésükben különbözhetnek egymástól, funkciójukat tekintve egységesnek tekinthetők. Ebbe a csoportba tartoznak a hagymás, hagymagumós, rizómás és gumós növények is (Hawthorne, 1998). A hagymás növényeknek általában van egy nyugalmi periódusuk az év folyamán, ez nagyon sok növény esetében a téli időszakot jelenti, ezért elsősorban tavaszi növényekként tartjuk őket számon, hiszen az év ezen időszakában hajtanak és virágoznak (Schmidt, 2007). Ugyanakkor valójában egész évben találkozhatunk éppen vegetációs periódusban vagy virágzásban lévő hagymás növényekkel. Sok faj a nyári szárazságot is visszahúzódva vészeli át, ilyenkor a növény nem éli fel az újbóli növekedéshez szükséges tápanyagokat, hanem a hagymában raktározza őket, amíg a körülmények újra alkalmassá válnak számára a biztonságos kihajtáshoz (Patkós és Kovács, 2018).

A valódi hagymás növények esetében a tápanyag a megduzzadt levélalapokban raktározódik. A hagyma közepén lévő rügyből a növény minden évben új szárat és levelet fejleszt, ahogy a hagyma évről-évre növekszik, a levélalapok rétegeket képeznek egymás mellett, ahogy az idősebb rétegek egyre kijebb kerülnek, a külsők elvékonyodnak, ezekből alakul ki a száraz, külső réteg, a hagymahéj (Schmidt, 2007). A hagymapikkelyek hónaljában hónaljrügyek fejlődnek, ezekből kisebb hagymák, a szaporodást szolgáló fiókhagymák keletkeznek (Turcsányi, 1995). Általában szeptembertől a hagymás növények növekedése újra megindul, ez elsősorban föld alatti gyökérnövekedést jelent, de emellett a hajtáscsúcs is növekedésnek indul és megközelíti a talajfelszínt (Schmidt, 2007). Természetesen akad pár kivétel is, a *Tulipa* nemzetségbe tartozó tulipán fajok például valódi hagymás növények, ugyanakkor hagymájuk nem fejleszt rétegeket, hanem évről évre felhasználja az összes tartalék tápanyagot és a növény új hagymát képez. A *Lilium* fajok hagymái szintén nem rétegesek, hanem a levélalapok lazán elhelyezkedő pikkelyekké alakulnak, melyeket a hagyma alapja tart össze (Van Dijk és Kurpershoek, 2002). Az *Allium* fajok esetében a valódi hagymákat vékonyabb, illetve vastagabb buroklevelek borítják és a növény gyakran képez fiókhagymát, a

*Muscari* nemzetségbe tartozó fajok esetében ez a fiókhagyma képzés tömeges lehet (Priszter, 1974).

A hagymagumós növények esetében a gumó nem a levélalapokból, hanem a megvastagodott szárból alakul ki (Turcsányi, 1995; Hartmann, 2002). Külsőleg a hagymára emlékeztet, mert a gumórészt száraz, hártyás buroklevelek borítják. Tönkje sokkal vastagabb, mint a hagymáé, buroklevelei hártyásak (Turcsányi, 1995). A növény levelei évről-évre elhalnak, viszont a szár föld alatti része megvastagszik és raktározza a megtermelt tápanyagokat. A hagymagumóban nem találunk rétegeket, a gumó tömör és kemény (Erős-Honti, 2011). A *Crocus* (krókusz), a *Gladiolus* (kardvirág), a *Crocsmia* (sáfrányfű) és a *Colchicum* (kikerics) fajok is a hagymagumós növények közé tartoznak (Hawthorne, 1998).

A gumós növények raktározó szerve lehet a megvastagodott szár vagy a gyökér is. A hagymásokhoz és a hagymagumósokhoz hasonlóan a föld alatt növekszik és tápanyagokat raktároz. Az új növekmény a szárgumók felső részén található rügyekből hajt ki. Például a *Cyclamen* (ciklámen), a *Corydalis* (keltike) és az *Eranthis* (téltemető) fajok tartoznak a gumós növények közé (Hawthorne, 1998).

A rizómás növények némileg eltérnek az előzőektől, de ezek a növények is föld alatti képleteikben raktározzák a tápanyagokat. A rizóma nem más, mint egy megvastagodott, föld alatti szár, mely gyakran vízszintesen, a talajfelszínnel párhuzamosan helyezkedik el. Az új hajtások és gyökerek a rizómán elhelyezkedő rügyekből hajtanak ki (Van Dijk és Kurpershoek, 2002; Schmidt, 2007; Wilford, 2021). Rizómás növények esetében is előfordul, hogy a növény számára kedvezőtlen időszakot visszahúzódva vészelik át (Ellis, 2001; Wilford 2021). A rizómás növények közé tartoznak többek között az *Agapanthus* (szerelemvirág), a *Trillium* (hármasszirom) és a *Convallaria* (gyöngyvirág) nemzetség képviselői (Hawthorne, 1998; Wilford, 2021).

## 2.2 A *geophyta* dísnövények jelentősége

A hagymás dísnövények többségében könnyen nevelhető, kis igényű, változatos, ugyanakkor szemet gyönyörködtető fajok, nem csoda hát, hogy igen nagy népszerűségnek örvendenek a lakosság körében. Előszeretettel ültetik őket házikertekbe is, de a közterületeken is számos helyen találkozhatunk hagymás ágyásokkal (Tillyné és Honfi, 2008). Közterületeken fontos, hogy az ágyások ne maradjanak a virágzást követően üresen, ezért a hagymákat általában 15-20 cm mélyre telepítik, hogy legyen még hely a hagymák fölött egyéb növények ültetésére, így amikor a hagymás dísnövények elvirágoznak, átveszik a helyüket a kisebb egynyári virágok (Simon, 1992; Klock, 1993). Ugyanezt a módszert alkalmazhatják azok is,

akik kisebb területen, például balkonládában nevelnek hagymás növényeket. A balkonládába ültethető kisebb termetű hagymások jól kombinálhatók többféle egynyári balkonnövénnyel is (Mathew és Swindels, 1995).

Szinte minden évszakban jelentős helyet foglalnak el a kereskedelemben a hagymás és hagymagumós növények. A legnépszerűbb fajok közé sorolhatjuk az *Allium*, az *Anemone*, a *Crocus*, a *Galanthus*, a *Hemerocallis*, a *Lilium*, a *Muscari*, a *Narcissus*, a *Tulipa* fajokat (Borhidi, 1995). Ősszel és tavasszal a legnagyobb a kínálat, nagy számban értékesített hagymás növénnyel találkozhatunk az üzletek polcain, illetve vágott virágként is igen népszerűek a hagymás dísnövények (Priszter, 1974). Hazánkban tavasszal elsősorban a tulipáncsokrok a legkeresettebbek, míg később, a ballagások idején megugró vágottvirág kereslet idején a díshagymák és liliomok sikeresek (Tóth, szóbeli közlés, 2024).

A Jámor és Török (2020) által készített tanulmányban említik, hogy hazánkban a termesztett hagymák és gumók exportjának helyzete marginálisnak mondható, ugyanakkor enyhe növekedést lehet megfigyelni. A növények közel fele Németországba, míg a negyede Romániába kerül.

A világ virághagyma-termesztő országai közül Hollandiáé a vezető szerep, ahol mintegy 14 400 ha-on termesztene virághagymát. Legnagyobb számban *Tulipa*, *Lilium*, *Gladiolus*, *Narcissus* és *Hyacinthus* fajok hagymáit termesztik, emellett pedig jelentős szerepet kap a hajtattott növények előállítás is, melyek között a *Tulipa*, *Hyacinthus*, *Crocus*, *Narcissus*, *Muscari* és *Ornithogalum* nemzetségbe tartozó dísnövények foglalnak el kiemelkedő helyet (Kern, 2000).

## 2.3 A vizsgálatban szereplő gazdanövények nemzetségeinek bemutatása

A változatos *Anemone* nemzetségbe mintegy 120 faj tartozik (Ellis, 2001). Gyökérzetük jellemzően már télen növekedésnek indul, virágaikat kora tavasszal hozzák (Hawthorne *et al.*, 1996; Wilford, 2021). A töveken a virágok egyesével vagy elágazó fürtökben nyílnak, a szirmok lehetnek szimplák, félteltek vagy teltek. Botanikai nevük az *anemos* görög szóból származik, melynek jelentése szél, erre utal a magyar szellőrózsa elnevezés is. A gyökérzet változatos lehet, egyes fajok rizómát, mások gumót fejlesztenek (Ellis, 2001).

A *Muscari* nemzetségbe tartozó gyöngyikék népszerű, könnyen nevelhető, alacsony termetű tavaszi hagymás növények, virágaik aprók, tömött, felálló fürtben nyílnak (Hawthorne, 1998). Körülbelül 30 faj tartozik a nemzetségbe, közös jellemzőjük, hogy zsák alakú

hagymáikból először a levelek bújnak elő, ezeket követik kora tavasszal a virágok. Egyes fajok illatosak is lehetnek, erre utal a botanikai elnevezés is, mely a latin *moschus* szóból származik, jelentése pézsmá (Ellis, 2001). Leveleik egyenesek, vékonyak. Virágaik fontos nektárforrást jelentenek a korán ébredő beporzók számára (Hanson, 2002).

Az *Ornithogalum* nemzetség több népi elnevezéssel is büszkélkedhet, például sárma, madártej vagy Betlehem csillaga. Ez széles elterjedésére (az európai mediterrán területektől, Dél-Afrikáig honos), vagy népszerűségére utalhat (Wilford, 2021). A virágok színe legtöbbször fehér, a lepellevél külső oldalán zöld csíkozottság figyelhető meg (Hawthorne, 1998; Ellis, 2001).

A *Scilla* nemzetségbe körülbelül 90 faj tartozik, megjelenésük így némileg változatos, ugyanakkor közös jellemzőjük, hogy virágaik csillag alakúak, a lepelleveleik az alapig hasítottak, színük leggyakrabban kék, de rózsaszín és fehér virágú fajokat is találunk a képviselőik között (Hanson, 2002; Van Dijk és Kurpershoek, 2002; Wilford, 2021).

## 2.4 A bazídiumos gombák jelentősége

A rozsdagombák a bazídiumos gombák csoportjába tartoznak. Nevüket onnan kapták, hogy uredó-, és teleutotelepeik vöröses, sötétbarna színűek, amely hasonló a rozsdához. Az ide tartozó gombák harántfalakkal tagolt bazídiuma teleutospórán jön létre (Glits és Folk, 2000). Ezek a szervezetek a növénypatogén gombák egyik legnagyobb csoportja, mintegy 7500 leírt fajjal. Jelenleg rendszertanilag a *Pucciniales* rendbe tartoznak, melyet korábban *Uredinales* rendnek neveztek, a renden belül 133 nemzetséget különböztetünk meg (Aime *et al.*, 2014; Toome-Heller, 2016).

Gazdaságilag számos jelentős kórokozó is ide sorolható (Glits és Folk, 2000; Kaishian, 2024). A búza feketerozsda vagy búza szárrozsa (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) a búzát, a rozst, az árpát és a zabot is fertőzi, ezenkívül pedig több fűfélé is a gazdanövényei közé tartozik. A történelem során több járványos fellépését is dokumentálták. Súlyos esetekben akár 50%-os termésvesztéssel is okozhat (Horváth *et al.*, 1995). A búza feketerozsda teljes fejlődésmenetű, gazdanövényváltós faj, köztes gazdája a közönséges sóskaborbolya (*Berberis vulgaris*) (Szepessy, 1977; Horváth *et al.*, 1995). Kontinentális léptékben is igen nagy problémát okozhat, ugyanis fertőző uredospóráit a szél szállíthatja, akár több ezer kilométerre a kialakulás helyétől (Kolmer *et al.*, 2009). A búza sárgarozsdája (*Puccinia striiformis*) szintén veszélyes kórokozónak számít, esős években az előző betegséghez hasonló mértékű kárt okozhat. Érdekes, hogy a kórokozó köztes gazdája máig nem ismert (Horváth *et al.*, 1995; Kolmer *et*

al., 2009). A búza vöröszrozdáját okozó kórokozó a *Puccinia recondita*, egész évben jelen lehet a táblán, de jelentősége az előzőekhez képest elmarad (Szepessy, 1977; Petróczi, 1982).

A gyümölcsfákat megbetegítő rozsdák, mint például a szilvarozsda (*Tranzschelia prunispinosae*, *Tranzschelia discolor*), a körterozsda (*Gymnosporangium sabinae*) vagy a ribiszkerozsda (*Cronartium ribicola*) is komoly gazdasági kárt okozhatnak. A betegségek következtében a levelek korábban hullanak le, a fák nem tudnak a tél előtt megerősödni vagy termőrüggyel berakódni, ami negatívan hat a következő évi termésre, esetleg a növény nem lesz képes átvészelni a hideg téli időszakot és elfagy (Baumjohann és Baumjohann, 2011; Hluchý et al., 2022).

Díszkertészeti szempontból is érdemes megemlíteni a rozsdagombákat, mert több fontos betegséget ezek okoznak. A díszkertekbe és parkokba ültetett rózsák komoly betegsége a rózsarozsda, melyet a *Phragmidium mucronatum* kórokozó okoz, már májustól kezdve megjelenhet a frissen kihajtott leveleken. Kezdetben a levelek felszínét, majd később a fonákját is beborítják a rozsdatelepek (Schmid és Henggeler, 1989; Baumjohann és Baumjohann, 2011). Mályvák esetében a betegség rendkívül gyors lefolyású, akár teljes levélszáradást is okozhat a fiatalabb töveken, amely a növény pusztulását is okozhatja (Glits és Folk, 2000). Több, *geophyta* dísznövényt fertőző bazídiumos gombát is jelentős kórokozóként tartanak számon (Schmid és Henggeler, 1989; Glits és Folk, 2000).

Az üszöggombák szintén a bazídiumos gombák csoportjába tartoznak, magasabb rendű növények szervezetében élőködnek. A megtámadott növényi részek úgy néznek ki, mintha elszenesedtek, elhaltak volna, innen ered az üszöggomba elnevezés (Bánhegyi et al., 1985).

Az üszöggombák jelentős fertőzéseket tudnak okozni több termesztett, szántóföldi növényünkön is, a fertőzött termés fogyasztásra alkalmatlan lesz. A búza kőüszögöt okozó *Tilletia caries*, *Tilletia leavis* és *Tilletia intermedia* kórokozók jelentősége ma már visszaszorult ugyan, de korábban jelentős károkat okoztak (Horváth, 1995). Hasonlóképp, ma már csak ritkán okoz súlyos fertőzést a búza porüszög (*Ustilago nuda*), vagy a kukoricát fertőző golyvás üszög (*Ustilago maydis*), illetve a kukorica rostos üszög (*Sphacelotheca reiliana*) (Horváth, 1995). Díszkertészeti szempontból ugyanakkor ma is fontos kórokozónak számít a *Microbotryum violaceum* s. lat. üszög fajkomplex, mely több, a *Caryophyllaceae* (szegfűfélék) családjába tartozó növényt is fertőz (Denchev et al., 2009). A honos, ugyanakkor dísznövényként is forgalomban lévő *Colchicum autumnale* (őszi kikerics) kórokozója az *Urocystis colchici*. A növényen elhalásokat, foltokat okoz, mellyel a növény leromlását, esetenként pusztulását okozza (Butcher, 1954; Begerow et al., 2000; Woods et al., 2018).

## 2.5 A rozsdagombák és üszögök rendszertani besorolása

A rozsdagombák a kalapos gombákkal azonos osztályba tartoznak, mert a bazídiumon haploid bazídiospórákat fejlesztenek. A bazídium morfológiája alapján a rozsdagombákat a *Heterobasidiomycetes* alosztályba sorolják, mert az érett bazídium két részre tagolódik, részei a bazális hipobazídium és az apibazídium, amely a szterigmákon a bazídiospórákat hordozza (Swann *et al.*, 2001).

Hagyományosan a rozsdagombák osztályozása a teleutotelep és a teleutospóra morfológiáján alapult (Aime, 2006). Hosszú évek kutatásai után, a nagy riboszomális alegységből nyert DNS szekvenciák adatait felhasználva Swann és munkatársai (2001) három különböző osztályt hoztak létre. Ezek az *Urediniomycetes*, az *Ustilagomycetes* és a *Hymenomycetes*. A rozsdagombák 95%-a az *Urediniomycetes* osztályba tartozik. A rozsdagombák obligát paraziták, tehát csak élő gazdanövényen képesek fennmaradni. A gazdát tekintve igen nagy mértékben specializáltak tekinthetők (Swann *et al.*, 2001; Maier *et al.*, 2007).

Aime (2006) megállapította, hogy a gazdanövények rokonsága, illetve a morfológiai bélyegek nem adnak megbízható információkat a rozsdagombák rokonságát illetően. Ebből is látható, hogy a különböző rozsdafajok azonosítása igazán nehéz és bonyolult feladat, különösképpen azokban az esetekben, amikor egy-egy gazdanövényen mindössze egy vagy két spórástádium van jelen. Heteroecikus rozsdagombák esetén sokszor a köztes gazdanövény nem ismert.

A világon ismert üszöggomba fajok rendszertani besorolása máig nem teljesen tisztázott. Hagyományosan úgy gondolták, hogy az üszögök egy homogén csoportot alkotnak, az *Ustilaginales* rendben, melyben két családot különböztettek meg, attól függően, hogy milyen típusú bazídium keletkezik a spórák csírázásakor. Jelenleg nyolc rendet különböztetnek meg egymástól, melybe huszonnégy család és kilencven nemzetség tartozik (Vánky, 2008).

## 2.6. A bazídiumos gombák biológiája

### 2.6.1. A rozsdagombák fejlődésmenete

A rozsdagombák fejlődésmenetük szerint lehetnek teljes vagy hiányos fejlődésmenetűek, a teljes fejlődésmenetűek öt spóraelakot fejlesztenek, a hiányos fejlődésmenetű rozsdagombák esetében egy vagy több spóraelak is hiányozhat. Ahhoz, hogy a rozsdagombák fejlődésmentét jobban megérthessük, ismernünk kell, hogy milyen

spóraformákat alakítanak ki életciklusuk során. A rozsdagombák spóraformáit római számokkal jelöljük, 0-val jelölt a spermogónium. A spermogónium egy tál vagy köcsög alakú termőtest, mely általában a levél színi oldalán jön létre. Benne spermáciumok fejlődnek. Az ecídiospóra jele: I. Az ecídiospóra egy fertőző spóra, egysejtű, a fala vékony, melynek felülete lehet sima vagy tüskézett. Az ecídiospóra az ecídiumban jön létre, melynek négy típusa van (csésze, rösztélia, cöoma, peridermium). A levél fonákán alakul ki. Az uredospórát II.-vel jelöljük, szintén fertőző, egysejtű spóra, vékony fallal, mely lehet sima vagy tüskézett. Az uredospóra uredotelepen alakul ki, a telep lehet szórusz (a spórák csoportban a növény felületén helyezkednek el) vagy lehet pusztula (a telep kezdetben epidermisszel fedett, később felszakad és a spórák kiszabadulnak). A teleutospórát III.-val jelöljük, ez kitartóspóra, egy vagy többsejtű, fala legtöbbször vastag, felülete lehet sima vagy tüskézett és van egy hosszabb-rövidebb nyele is. A nyéllel átellenben a papilla helyezkedik el, ezen fejlődik később a bazídium. A teleutotelep alakja szerint lehet szórusz, pusztula vagy csap. A bazídiospóra jele IV., egysejtű, fala vékony, a bazídiospóra különböző ivarjelleggel rendelkezik, fertőző spóra, a harántfalakkal tagolt bazídiumon fejlődik (Bánhegyi *et al.*, 1985; Glits és Folk, 2000; Blagoveshchenskaya, 2023).

A legtöbb, de nem minden, a rozsdagombák biológiájával foglalkozó kutató véleménye szerint, az összetettebb életciklusok a primitívebbek és a rövidítettek azok, amelyek a fejlettebb evolúciós formáknak tekinthetők. A rövidített életciklusok sokféleképpen fordulhatnak elő, ezért ezek leírására egy új terminológiát dolgoztak ki (Kolmer *et al.*, 2009). A bazídiumos gombák általános életciklusa során, az ivaros úton keletkezett bazídiospórákból kihajtó hifák monokariotikusak, vagyis egy sejtmag található bennük. Ezek egymással hamar összeolvadnak, ezt a jelenséget szomatogámiának nevezzük. Az összeolvadás által létrejön a magpáros hifa, a gombáknak ezt az állapotát nevezzük dikariotikusnak. A bazídiumos gombák életük nagy részében dikariotikus állapotban vannak (Kristóf *et al.*, 2013). Azokat a rozsdagombákat, melyek teljes fejlődésmenetűek, vagy amelyek fejlődésében a teleutospórán kívül még legalább egy dikariotikus spóratípus (ecídiospóra vagy urdeospóra) is előfordul, teljes fejlődésmenetű fajoknak nevezzük. A gazdacserés fajok ezzel szemben a teleutospórán kívül másik dikariotikus spóraalakot nem hoznak létre. Autoecikusnak nevezzük azokat a fajokat, melyek teljes fejlődésmenetüket egyetlen gazdanövényen élik le (tehát egygazdás rozsdagombák). A heteroecikus, vagy gazdanövényváltó fajok közé pedig azok tartoznak, amelyek két, egymással rendszertanilag nem rokon gazdanövényen hozzák létre a különböző spóraalakokat. Fő gazdanövénynek nevezzük azt a növényt, melyen a teleuto alak (és általában az uredo alak is) létrejön, a köztes gazdán a spermogónium és az ecídium alakulnak ki (Bánhegyi *et al.*, 1985).

## 2.6.2 A rozsdagombák életciklusa

A legtöbb rozsdagombának igen összetett életciklusa van, a ciklus magába foglalja az öt kialakuló spórástádiumot egy (vagy két, nem rokon) gazdanövényen (Anikster, 1989; Cummins és Hiratsuka, 2003; Kolmer *et al.*, 2009). A teljes fejlődésmenetű, heteroecikus fajok életciklusa alatt az összes spóraforma kialakul, de ezek fejlődése két (vagy több) gazdanövényhez kötött (Glits és Folk, 2000). Tavasszal az előző év során keletkezett teleutospórák indulnak csírázásnak. Ezek általában az elhalt növényen vészelték át a kedvezőtlen telet és esetleg már a nyarat is. Az áttelelő teleutospórák a gazdanövényen sötétbarna vagy fekete színűnek láthatók, általában nem tesznek meg nagyobb távolságokat, de bizonyos fajok a szél vagy egyéb hordozók segítségével képesek terjedni. A diploid teleutospórák tehát az elhalt növényen csíráznak és meiotikus osztódással négy vagy több haploid bazídiospórát képeznek, melyeket a levegőbe juttatnak. A heteroecikus fajok bazídiospórái nem képesek a teleutospórát hordozó növényt fertőzni, ezért ezeknek a fajoknak meg kell találniuk a másik gazdanövényt melyeket közvetlenül a sejtfalon át fertőzhetnek. A bazídiospórák általában sérülékenyek és nem viselik jól a teljes kiszáradást, ennek következtében nem tudnak nagy távokat megtenni. Sok esetben az esti vagy éjszakai órákban szabadulnak ki, vagy azokban az évszakokban, időszakokban, amikor bőséges a nedvesség (Kolmer *et al.*, 2009). Amikor a bazídiospórák elérik a gazdanövényt, behatolnak azok szöveteibe, hogy haploid telepeket hozzanak létre, melyeket spermogóniumnak nevezünk. Minden spermogóniumon belül apró méretű, egysejtű spermáciumok képződnek, melyek rovarcsalogató nektárba vannak ágyazva a gazdanövény felületén, ezeket a képleteket leveleken, szirmokon, fás részeken találhatjuk meg (Kolmer *et al.*, 2009; Heller, 2019). Színük az élénk narancssárgától az áttetszőig (színtelen) változhat (Bánhegyi *et al.*, 1985). A rovarok, illetve a felületi nedvesség (eső vagy harmat) eloszlatja ezeket a spórákat a növény felszínén, esetleg a szomszédos gazdanövényekre is juttathatja őket. A továbbfejlődés során a spórák egyesülnek, ezt az egyesülést plazmogamiának nevezzük, a folyamat során a két sejt egyesül, de magjaik nem olvadnak össze, ezáltal egy, két haploid maggal rendelkező sejt keletkezik. Amikor ez bekövetkezik, a két különálló haploid sejtmagot tartalmazó dikariotikus hifák átnőnek a levélen és a levél fonáki oldalán létrehozzák az ecídiumot, benne az ecídiospórákkal (Kolmer *et al.*, 2009). A leveleket fertőző fajok esetében az ecídiumok általában csoportosan fordulnak elő a levél fonáki oldalán, a színi oldalon lévő spermogónium telepek elhelyezkedését tükrözve. A telepek a felszín alatt találhatók, tehát a növény epidermisze fedi őket. Egyes fajok esetében az ecídiumok a spermogónium szélén is előfordulhatnak. Színük általában világos,

élénk narancssárga (Bánhegyi *et al.*, 1985; Kolmer *et al.*, 2009). A diakriotikus ecídiospórák általában láncban képződnek a telepeken belül. A spórák felülete finoman mintázott, sűrűn egymás mellett álló lekerekített nyúlványokból, vagy ellaposodó tányérszerű képletekből áll. Az ecídiospórák nagy tömegben képződnek és akár számottevő távolságokat is képesek megtenni. Ez főként a gazdaváltós rozsdafajok esetében fontos, hiszen számukra a továbbfejlődéshez nélkülözhetetlen, hogy megtalálják a másik gazdát. A megfelelő gazdanövényen az ecídiospórák gyorsan csírázásnak indulnak és a sztómákon keresztül behatolnak a növény belsejébe (Kolmer *et al.*, 2009).

A fertőzés következtében egy új telep fog kialakulni, amit uredotelepnek nevezünk, ezek belsejében képződnek az uredospórák (Kolmer *et al.*, 2009; Heller, 2019; Baka, 2023). Ebben az életszakaszban, a keletkező uredospórák folyamatosan tudják fertőzni a gazdanövényt. Így a populáció, csupán pár generáció alatt hatalmasra növekedhet, a rozsdagomba számára megfelelő körülmények között akár járványossá is válhat. Az uredospórák a telep belsejében egyesével képződnek és egy kis nyél található rajtuk. Amikor a spórák kiszabadulnak, a nyél leválik róluk. Az ecídiospórákhoz hasonlóan az uredospórák is dikariotikusak. A tenyészidőszak végén, amikor a növényi tápanyagok szintje csökkenni kezd, az uredotelepek teleutotelepekké alakulnak és egyre nagyobb számú teleutospórát kezdenek termelni (Ono, 2002). Ezek a teleutospórák a korábbi uredospórákhoz képest már sötétebb színűek, vastag fallal rendelkeznek és ellenállnak a hidegnek vagy a teljes kiszáradásnak is. A rozsdagomba számára egyfajta nyugalmi állapotként szolgálnak, amíg a gazdanövény is nyugalmi állapotba kerül a kedvezőtlen téli hónapokra (Kolmer *et al.*, 2009).

Obligát parazitaként, a rozsdagombák élete teljes egészében az élő növényi gazdaszervezetek jelenlététől függ, ez határozza meg szaporodásukat és azt is, hogy képesek-e befejezni az életciklusukat. A rozsdagombák arra specializálódtak, hogy tápanyagokat tudjanak kinyerni az élő növényi sejtekből (Kumar *et al.*, 2024).

A teljes fejlődésmenetű, heteroecikus életciklus gyakori ugyan, de sok rozsdagomba, válaszul különböző kedvezőtlen körülményekre, egy rövidített életciklust alakított ki (Savile, 1953). A gazdanövénykör olyan ökológiai tényezőktől függhet, mint a gazdanövény sokfélesége és a közelsége azon a területen belül, ahol a rozsdagomba előfordul. A gazdacserés fajok esetében az ecídiumot hordozó alaknak közel kell lennie a teleutospórát hordozó alakhoz, mivel a bazídiospórák kisebb távokat tudnak megtenni és kevésbé ellenállóak. Ez gyakran az egyes fajok földrajzi behatároltságához és gazdaspecifikusságához vezethet (Cummins és Hiratsuka, 2003). Staples és Macko (1984), illetve Mendgen és Hahn (2002) a *Puccinia* és *Uromyces* nemzetségek tanulmányozása során megfigyelték, hogy mindkét nemzetség fajainak

uredospórai, miután egy felületi vízréteg segítségével érintkezésbe kerültek a gazdanövénnyel, először vizet szívnak magukba, megduzzadnak, majd ezt követően fejlesztenek csíratömlőt, átlagosan 4-6 óra alatt. Sok rozsdá esetében a csíratömlő növekedését és irányultságát egy tigmotropikus reakció szabályozza, ez azt jelenti, hogy a csíratömlő a közvetlen érintkezés ingerére reagálva növekszik. A csíratömlő mindaddig nyúlik, amíg meg nem találja a sztómát. A rozsdagombák nagymértékben specializálódtak a gazdanövény levélfelületének és sztómájának detektálására. A nem gazdanövényre került rozsdagombák nem találják meg a sztómát, vagy nem csíráznak megfelelően (Freytag *et al.*, 1988; Kolmer *et al.*, 2009).

### 2.6.3. Az üszöggombák biológiája

Az üszöggombák életciklusa két fázisból áll. A meizóissal létrejövő bazídiospórák szaprofitaként élnek és sarjadzással, ivartalanul szaporodnak. Amikor két megfelelő párosodási típusú sejt találkozik plazmogámiával létrehozzák a dikariotikus hifát, mely képes fertőzni a gazdanövényt. A gazdanövények parenchima szöveteiben élnek és sporulálnak a dikariotikus hifák, itt hozzák létre a teliospórákat, melyen később a bazídium fejlődik (Piepenbring *et al.*, 1998).

## 2.7. A bazídiumos gombák azonosítása

A különböző rozsdagomba nemzetségek elkülönítése elsősorban a teleutospóra vizsgálata alapján lehetséges (Glits és Folk, 2000). A fontosabb határozóbélyegek a következők: a teleutospóra alakja, a spóra sejtszáma, a spóra falának és nyelének jellemzői, illetve a spóra keletkezésének helye. Egyes nemzetségek jellemzője lehet még az előbb felsoroltakon kívül a spermogónium, az ecídium, valamint az uredotelep típusa is (Glits és Folk, 2000).

Az azonosításhoz részletes határozókönyv is rendelkezésre áll, melyben valamennyi rozsdagomba nemzetségről részletes leírást találunk (Bánhegyi *et al.*, 1985).

Az üszögök morfológiai azonosításában nagy szerepe van az üszöggombák által létrehozott kitartóspóráknak vagy másnéven teliospóráknak. Fontos, bélyeg a spórák száma, ezek lehetnek magányosak vagy kisebb-nagyobb halmazokban egymáshoz tapadóak. Egy másik fontos bélyeg a határozásban, hogy körülveszik-e őket melléksejtek és ha igen, akkor ezek a melléksejtek milyen módon helyezkednek el. Az üszöggombák, spórák alapján történő határozásához részletes határozókönyv is segítséget nyújt (Bánhegyi *et al.*, 1985).

A különböző rozsdagomba és üszöggomba fajok azonosítására rendelkezésre álló módszerek gyakran pontatlanok vagy lassúak. A rozsdagombákat nehéz azonosítani a betegség

kialakulásának korai szakaszában, de egyes kórokozók vonatkozásában még uredospórák alapján is pontatlan lehet a határozás, például a fűféléken megjelenő rozsdagombák esetében (Barnes és Szabo, 2006). Az azonosításra alkalmas lehet a polimeráz láncreakció (PCR) is, a módszer a Southern-hibridizációval vagy szekvenciaanalízissel a fejlődés bármely szakaszában használható, viszont általában munkaigényes, illetve több napot is igénybe vehet. A gombafajok szekvencia-különbségek alapján történő megkülönböztetésére használt genomiális régió, a nukleáris riboszomális DNS (rDNS). Ennek a régióknak az az előnye, hogy gyakran ismétlődik, az rDNS szekvenciája számos gombafajnak nyilvánosan elérhető, illetve az ITS-regiók stabil régiók, a növénypatogén gombák fajsztípus azonosításánál széles körben alkalmazhatók (Tarbell, 2008). Ezen régiót alkalmazzák a *Puccinia* fajok elkülönítéséhez is (Barnes és Szabo, 2006). A Purdue Egyetem ad otthont a világ egyik legátfogóbb rozsdagomba gyűjteményének (PUR), mintegy 3700 rozsdagomba minta 28S riboszóma alegységének segítségével, hozzávetőleg 120 nemzetség 1100 fajának DNS szekvenciáját készítették el. A kódok és az azokhoz tartozó információk, melyeket a BLAST adatbázis tárol, nyilvánosan elérhetők és a kutatások nyomán folyamatosan bővülnek (Kaishian *et al.*, 2024).

## 2.8 *Geophyta* növényeket fertőző bazídiumos gombák

Sok hagymás és hagymagumós növényt is fertőznek különböző rozsdagombák. A dísznövények gazdasági jelentősége ugyan kisebb, mint például a zöldségtermesztésben szereplő fajoké, ugyanakkor például a hagymarozsda (*Puccinia allii*), mely a vöröshagyma mellett a fok-, póré-, és metélőhagymát is fertőzi, ugyanolyan veszélyes lehet különböző dísznövényekre is. A hajtásban vagy virághagyma termesztésben jelentősebb jácinton például gyakran mutatkozik a jácintrozsda (*Uromyces muscari*), mely a levelek mellett a virágszárat is károsítja ezáltal jelentős gazdasági kár okoz a termesztésben (Glits és Folk, 2000). A dísznövényként árusított *Allium giganteum* (díszhagyma), *Allium cristophii* (léggömbhagyma) és *Allium hollandicum* (holland fokhagyma) kórokozója lehet, többek között a *Puccinia allii* is, mely a *Liliaceae* családba tartozó fajokon általánosan elterjedt (Bánhegyi *et al.*, 1985).

Az *Uromyces reichertii* a *Scilla hyacinthoides* növényfajt fertőzi. A gomba heteroecikus fejlődésmenetű, a spermácium és az ecídium található a csillagvirágon, míg az uredo és teleuto alakja az árpán fejlődik (*Hordeum bulbosum*). A szintén dísznövényként árusított *Muscari parviflorum* fajt az *Uromyces christensenii* fertőzi, mely szintén heteroecikus fejlődésmenetű rozsda, a gyöngyikén található a spermogónium és az ecídium. Az uredo és teleuto alak viszont a *Hordeum bulbosum*-on fejlődik (Anikster *et al.*, 1980). Az *Uromyces muscari*-t (syn.

*Uromyces scillarum*) már több *Muscari*, *Hyacinthus* és *Scilla* nemzetségbe tartozó növényfajon is leírták, leggyakrabban azonban a *M. comosum*-on, a *M. racemosum*-on és a *M. tenuiflorum*-on fordul elő (Bánhegyi *et al.*, 1985). A gomba autoecikus, hiányos fejlődésmenetű (Scholes és Farrar, 1985). A kutatások alapján megállapították, hogy széles a földrajzi elterjedése, ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a gazdanövényeinek köre is szélesebb. Már 45 különböző, a *Liliaceae* családba tartozó egyszikű, geofiton növényen azonosították. Magyarországon az *Uromyces scillarum* rozsdagombával Lehoczky (1959) foglalkozott, aki több különböző gazdanövényen is azonosította a rozsdát, a kórokozót *forma speciales* alcsoportokba osztotta, melyek azonban morfológiailag egymástól nem megkülönböztethetők, ugyanakkor a parazitált gazdanövényekben eltérnek egymástól, és mindegyik alfaj csak az adott gazdanövénnyel kompatibilis.

Az *Anemone nemorosa*-t két különböző rozsdagomba faj is fertőzheti. Az *Ochropsora ariae* rozsdá fő gazdanövénye legtöbbször a *Sorbus aucuparia*, mely növényen fejlődnek az uredo-, és teleutotelepek, ugyanakkor Gjaerum (1974) leírása alapján Svédország déli fekvésű területein *Amelanchier canadensis* és *Malus sylvestris* növényeken is megtalálhatók, illetve más *Sorbus* fajokon is (Vemić, 2021). A szellőrózsát tavasszal fertőzik a bazídiospórák. A *Tranzschelia anemone* ezzel szemben autoecikus faj, mely az *Anemone nemorosa* mellett még több más növényt is fertőz, gazdanövénye lehet például az *Anemone blanda*, a *Thalictrum flavum* és a *Thalictrum minus* (Gjaerum, 1993). A fent említetteken kívül hazánkban még a *Tranzschelia pruni-spinosae* is fertőzi a szellőrózsa fajokat, elsősorban az *Anemone ranunculoides*-t, de köztes gazdanövényei lehetnek még *Thalictrum*, *Ranunculus* és *Hepatica* fajok is (Laundon és Rainbow, 1971). A rozsdagomba heteroecikus, fő gazdanövényei a *Prunus* fajok, elsősorban a vad állományok, de a nemesített példányokat is fertőzik (Glits és Folk, 2000). Egy másik, csonthéjas gyümölcsöket fertőző rozsdagomba is megtalálható szellőrózsákon, kórokozója a *Tranzschelia discolor*, mely elsősorban szilván, őszibarackon, kajszibarackon fordul elő (Glits és Folk, 2000).

*Ficaria verna*-n (salátaboglárka) több rozsdagombát és üszögöt is leírtak már. A növényt fertőző kórokozók az alábbiak lehetnek: *Uromyces ficariae*, *U. dactylidis*, *U. poae*, *Puccinia perplexans*, *Entyloma ficariae*, *E. ranunculi-repentis*, *Urocystis ficariae* (Tykhonenko *et al.*, 2001; Termorshuizen, 2005; Hrabětová *et al.*, 2015). Az *Uromyces* fajok esetében a salátaboglárka a köztes gazda, így ebben az esetben az ecidiospórák vizsgálhatók. Az ecidiospóra mérete alapján az *U. poae* és *U. dactylidis* megkülönböztethető egymástól, mivel az *U. poae* spórái jóval kisebb méretűek (Hrabětová *et al.*, 2015).

Az árparozsdát okozó *Puccinia hordei* gazdanövényeit vizsgáló kutatás során Anikster (1981) megállapította, hogy az *Ornithogalum* fajok köztes gazdanövényei lehetnek a kórokozónak. Az általunk vizsgált *Ornithogalum umbellatum* (ernyős sárma) is köztes gazdája a *Puccinia hordei* kórokozónak. A sármán található ecídiospórák ovális alakúak, sárga színűek, jellemzően színtelen perídiummal a szélükön (Critopoulos, 1956). A *Puccinia liliacearum* az *Ornithogalum umbellatum*, és a szintén *geophyta* *Hyacinthoides hispanica* (spanyol kékesengő) kórokozója (Cannon, 2011). Az ernyős sárma kórokozója lehet még az *Uromyces gageae* faj is (Bánhegyi *et al.*, 1985).

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1 A vizsgálat helye és ideje

A növényi minták feldolgozására, a kaparékok elkészítésére, illetve a molekuláris vizsgálatok elvégzésére a Magyar Agrár-, és Élettudományi Egyetem Budai Campus-án, a Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszék laboratóriumában került sor. A vizsgálatokat 2023-2024 között végeztük.

#### 3.2. A vizsgálat anyaga

##### 3.2.1 A növényi minták

A Növénykórtani Tanszék korábban gyűjtött rozsdagomba mintái közül kiválasztottuk azokat, melyeknek a gazdanövénye gumós dísnövény, illetve további hat, 2024. tavaszán gyűjtött mintát vizsgáltunk. Az alábbi táblázatban látható a vizsgálatban szereplő, rozsdagombával fertőzött minták kódja és a gazdanövénye, illetve a gyűjtésükre vonatkozó információk (1. táblázat).

**1.táblázat:** A vizsgálatban szereplő minták adatai

| Minta kódja | Gazdanövény neve               | Gyűjtés ideje | Gyűjtés helye             | Minta forrása  |
|-------------|--------------------------------|---------------|---------------------------|----------------|
| B03         | <i>Scilla</i> sp.              | 2023.04.21    | Budapest, Budai Arborétum | Tanszéki minta |
| B04         | <i>Ranunculus</i> sp.          | 2023.04.22    | Budapest, Hűvösvölgy      | Tanszéki minta |
| B05         | <i>Ornithogalum umbellatum</i> | 2023.04.18    | Budapest, Budai Arborétum | Tanszéki minta |
| B06         | <i>Ranunculus</i> sp.          | 2023.04.14    | Kiskanizsa                | Tanszéki minta |
| B07         | <i>Muscari</i> sp.             | 2023.04.20    | Budapest, Budai Arborétum | Tanszéki minta |
| B10         | <i>Anemone</i> sp.             | 2023.04.11    | Lenti                     | Tanszéki minta |
| B12         | <i>Ranunculus</i> sp.          | 2023.04.10    | Nagykanizsa               | Tanszéki minta |
| B14         | <i>Anemone</i> sp.             | 2023.04.11    | Lenti                     | Tanszéki minta |
| B16         | <i>Ranunculus</i> sp.          | 2023.04.11    | Lenti                     | Tanszéki minta |
| B19         | <i>Ranunculus</i> sp.          | 2023.05.03    | Nagykanizsa               | Tanszéki minta |
| B37         | <i>Scilla</i> sp.              | 2024.04.06    | Cserkút                   | Saját gyűjtés  |
| B38         | <i>Hyacinthoides</i> sp.       | 2024.04.12    | Budapest, Kelenföld       | Saját gyűjtés  |
| B39         | <i>Allium</i> sp.              | 2024.04.12    | Budapest, Kelenföld       | Saját gyűjtés  |
| B40         | <i>Ficaria verna</i>           | 2024.05.05    | Budapest, Kelenföld       | Saját gyűjtés  |
| B42         | <i>Ornithogalum umbellatum</i> | 2024.03.26    | Budapest, Budai Arborétum | Tanszéki minta |
| B43         | <i>Scilla</i> sp.              | 2024.03.19    | Budapest, Budai Arborétum | Tanszéki minta |

##### 3.2.2 A vizsgálatokhoz használt eszközök

A spórák morfológiai vizsgálatához szükséges kaparékok elkészítéséhez a Növénykórtani Tanszék laboratóriumában rendelkezésre álló üveg tárgylemezeket és fedőlapokat, illetve fém lándzsatűket használtuk.

A kórokozók által okozott tüneteket a laboratórium Leica MZ6 sztereomikroszkópjával, a kaparékokat pedig a Nikon Eclipse 50i citoplaszt mikroszkópjával vizsgáltuk, majd a QImaging MicroPublisher 5.0 RTV kamerával mikroszkópos felvételeket készítettünk, ezeket később a hozzá kapcsolódó QCapture Pro programmal tudtuk feldolgozni.

A polimeráz láncreakciókat Applied Biosystems 9700 típusú PCR készülékben végeztük el. Emellett alkalmaztuk továbbá a Thermolyne Maxi Mix Plus vortex készüléket, a Minispin Eppendorf asztali centrifugát és az UniEquip, Univapo 100 ECH vákuum koncentrátort.

### 3.2.3. Az alkalmazott primerek

Bazídiumos, illetve rozsdagombákra specifikus indítószekvenciákat alkalmaztunk a molekuláris azonosításhoz, melyek a kórokozók 18S rRNS gén egy részét, az ITS1 régiót, az 5,8S rRNS gént, az ITS2 régiót és a 28S rRNS kódoló gén egy részét amplifikálják. ITS1F primer: 5' CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA A 3', ITS4B primer: 5'- CAG GAG ACT TGT ACA CGG TCC AG-3' (Gardes és Bruns, 1993). Használtunk továbbá Rust2inv: 5' GAT GAA GAA CAC ACA CAG TGA AA 3' és LR6: 5' CGC CAG TTC TGC TTA CC-3' primerpárokat (Aime, 2006).

A PCR terméket a High Pure PCR Product Purification Kit-tel (Roche) tisztítottuk szekvencia meghatározás előtt.

## 3.3 A vizsgálat módszere

### 3.3.1 Növényi részek gyűjtése

Több mintát a Tanszéken találhatóak közül választottuk ki. A tanszéki minták gyűjtésének ideje 2023. és 2024. tavasza volt, tárolásuk papírborítékokban, szobahőmérsékleten történt. Saját gyűjtésű mintáimat, 2024. áprilisában, illetve májusában gyűjtöttem budapesti, illetve vidéki helyszíneken. A mintákat elkülönítve, felirattal ellátott papír borítékokba gyűjtöttem, melyeket felhasználásig szobahőmérsékleten tároltam.

A Budai Arborétumban történő mintagyűjtéshez a Tanszék külön engedéllyel rendelkezett. A védett gazdanövényeken kialakult rozsdatelepekről a spórákat Eppendorf csövekbe kaparták (1. ábra). A spórák tárolása szintén szobahőmérsékleten történt.



**1. ábra:** A spórák gyűjtése Eppendorf csőbe (Fotó: Szendrei, 2023)

### 3.3.2. A minták morfológiai vizsgálata

A fertőzött növényi részeken szabad szemmel is jól láthatók voltak a rozsdagombák telepei, de sztereomikroszkóp alatt is megvizsgáltam őket és feljegyeztem a tüneteket. Mivel a mintáim egy része a Növénykórtani Tanszék gyűjteményéből került felhasználásra, illetve az általam gyűjtött minták is a 2024. nyári felhasználásig szárításra és tárolásra kerültek, ezért a tüneteket elsősorban a szárított herbáriumi mintákon vizsgáltam, emellett pedig a friss növényanyag dokumentációját (helyszíni fotók) is megtekintettem.

A morfológiai azonosítás a gombák spóráinak mérete és alakja alapján történhet, a határozáshoz szükséges bélyegek az uredospórák és teleutospórák kereszt és hosszirányú átmérője és sejtszáma voltak, a B10 minta (*Anemone* sp.) esetében az ecídiospórák kereszt és hosszirányú átmérője. A B14 mintán szereplő bazídiumos gombát üszöggént azonosítottuk, így ebben az esetben a teliospóra méreteit és morfológiai jegyeit vizsgáltuk. A vizsgálathoz minden minta esetében 50 spórát mértünk le kereszt és hosszirányban, mely méretek alapján a határozókönyv segítségével próbáltuk meghatározni a különböző gombafajokat.

A kaparékok elkészítéséhez a fertőzött növényi részről, steril lándzsátűvel spórákat emeltünk át tárgylemezre (2. ábra), melyeket először a laboratóriumi mikroszkóp segítségével megvizsgáltunk, majd azokról fotókat készítettünk és később, a QCapture Pro program segítségével lemértünk.



**2. ábra** *Ficaria verna* növényt fertőző rozsdagomba spóráinak tárgylemezre helyezése (Fotó: Kiss, 2024)

### 3.3.3 Molekuláris vizsgálatok

#### Nukleinsav kivonás

Az örökítőanyag kivonáshoz a rozsdagombák spóráit használtuk fel. Ezeket porcelán dörzsmozsárban, hozzáadott kvarchomok segítségével homogénre őröltük. Az őrleményhez 1000  $\mu$ l lysis puffert és 50  $\mu$ l 2-merkaptoetanolt adtunk, majd tovább homogenizáltuk, hogy a szárazon eldörzsölt spóratömeg feloldódjon a pufferben. A kapott terméket 2 ml-es Eppendorf csövekbe mértük, majd 10 percig lobogó vízben indukáltuk. Ezt követően 5 percre jégre helyeztük, hogy a csövek tartalma lehűljön. A fagyasztóból kivéve a mintákat asztali vortex segítségével összekevertük. A csövekbe további 50  $\mu$ l proteináz K-t adtunk és a vortex segítségével ismért összekevertük, majd 90 percig 65 °C-on asztali termosztátban inkubáltuk. Az idő leteltével a csövekbe 100  $\mu$ l kálium-acetát puffert adagoltunk, majd kézzel összeráztuk őket és a szennyeződések eltávolítása, illetve a fehérjék kicsapása érdekében további 900  $\mu$ l izoamilalkoholos-kloroformot adagoltunk. A mintákat asztali vortex segítségével összekevertük, majd 5 percig asztali centrifugával (8000 rcf-en), szobahőmérsékleten centrifugáltuk. Az így kapott kétfázisú minták felülúszóját (850  $\mu$ l), 2 ml-es, tiszta Eppendorf csövekbe pipettáztuk, ügyelve arra, hogy az interfázisból semmi ne kerüljön át, majd további 850  $\mu$ l izoamilalkoholos-kloroformot adtunk hozzá, ezt követően vortex segítségével összekevertük, majd 5 percig szobahőmérsékleten centrifugáltuk. A felülúszót (750  $\mu$ l) újra steril Eppendorf csövekbe szívtuk, szintén ügyelve arra, hogy az interfázis ne kerüljön át az új csövekbe és 80  $\mu$ l 3M-Na-acetátot adtunk hozzá, újabb vortexelés után 750  $\mu$ l izopropanolt mértünk a mintákhoz, annak érdekében, hogy a nukleinsav szálak feloldódjanak és a DNS

denaturálódjon. 20 percig 4 °C-on centrifugáltuk (13000 rpm-en), majd ezt követően a felülúszót leöntöttük, a pelletet pedig 750 µl 70%-os etanollal 10 percig szobahőmérsékleten centrifugáltuk (13000 rpm-en). A centrifugálás után az etanolt leöntöttük, a pelletet lecsepegtettük, majd 8 percig vákuumszáritóban szárítottuk. Végül 100 µl STDV-oldatban oldottuk vissza. A kivont örökítőanyagot mélyhűtőben tároltuk -20 °C-on.

#### PCR (polimeráz-láncreakció) vizsgálat

A polimeráz-láncreakció során az ITS1, illetve az ITS2 régió egy szakaszát amplifikáltuk, előbbihez az ITS1F és ITS4B primerpárokat, utóbbihoz pedig Rust2inv és LR6 primerpárokat alkalmaztuk. A reakcióhoz szükséges keveréket ITS1F és ITS4B primerek esetében minden mintánkhoz 50 µl végtérfogatra készítettük, melyhez az alábbiakat mértük össze: 3 µl DNS, 25 µl Thermo Scientific Master Mix (MgCl<sub>2</sub> 20mM, dNTPS 5mM, DreamTaq puffer, DreamTaq polimeráz enzim 5 u/µl), 1 µl ITS1F primer, 1 µl ITS4B primer, 20 µl steril víz. Rust2inv és LR6 primerek alkalmazásakor minden mintához 40 µl végtérfogatra mértük össze az alábbiakat: 2 µl DNS, 20 µl Thermo Scientific Master Mix (MgCl<sub>2</sub> 20mM, dNTPS 5mM, DreamTaq puffer, DreamTaq polimeráz enzim 5 u/µl), 2 µl Rust2inv primer, 2 µl LR6 primer, 12 µl steril víz.

A PCR során az első, szakaszon kívüli rész egy elődenaturáció, mely során a duplaszálú DNS elkezd elválni egymástól. Ezt követi az ismétlődő, ciklikus rész, mely három lépésből áll, első a denaturáció, mely 30 másodpercig tart 94 °C-on, a folyamat során a hidrogén hidak felszakadnak és a DNS komplementer szálai teljesen elválnak egymástól. A második lépés az anelláció, mely során a primerek kötődnek. A folyamat 30 másodpercig tart, ITS1F – ITS4B primerpárok alkalmazásakor 45 °C-on, Rust2inv – LR6 primerpárok alkalmazásakor pedig 50 °C-on. Végül harmadik lépés az elongáció, amikor a polimeráz enzim végzi a lánchosszabbítást, ez 120 másodpercig tart és 72 °C-on megy végbe a reakció. Az elsődleges denaturációt 35 ciklus követte, ez mindössze 5 percig tartott. A teljes reakció, egy szintén cikluson kívüli résszel, a befejező lánchosszabbítással zárult, amely 10 percig tartott.

A reakció során elkészült terméket gélelektroforézissel ellenőriztük, egy Eco Safe nevű festéket (Eco Safe Nucleic Acid Staining Solution, Biocenter) tartalmazó 1%-os agarózgélben.

#### A nukleotid szekvencia meghatározása

A PCR termékek tisztítása végén a DNS koncentrációt spektrofotométer segítségével ellenőriztük. A célszekvenciákat Gödöllőre a Biomi Kft.-hez küldtük közvetlen szekvencia

meghatározásra. A szekvenciák összehasonlításához és szerkesztéséhez a MEGAX programot használtuk. A kórokozó azonosításához az NCBI (National Center for Biotechnology Information) adatbázist, illetve annak BLAST programját használtuk fel.

## 4. Eredmények

### 4.1 A vizsgált növényeken megjelenő tünetek jellemzése

A növényi minták vizsgálata során, első lépésként a gazdanövényeken megjelenő, makroszkopikusan vizsgálható tüneteket és a rozsdagombák megfigyelhető teleptípusait jellemeztem.

*Scilla* spp.

Mindhárom minta esetében, a levelek erős fertőzöttséget mutattak, jól megfigyelhetők voltak rajtuk a sötétbarna színű teleutotelepek (3. ábra). A foltok alatt a levéllemez sárgult. Az erősen fertőzött levelek csúcsi részén barna színű száradás is megfigyelhető volt.



**3. ábra** *Scilla siberica* növényt fertőző rozsdagomba teleutotelepei (Fotó: Szendrei, 2023)

*Hyacinthoides* sp.

A levéllemezen ovális alakban elhelyezkedő teleutotelepek voltak megfigyelhetők, melyek színe sötétbarna volt. A foltok körül a levéllemezen enyhe sárgulás jelentkezett.

*Ficaria verna*

Egyes egyedeken a levelek fonáki oldalán és a levélnyélen egyaránt narancssárga színű csésze alakú ecídiumokat figyeltünk meg (4.-5. ábra). Más egyedeken a levelek színi oldalán kezdetben sárga színű, kör alakú foltok jelentek meg, melyekben kör vagy ovális alakban

elhelyezkedő, sötétbarna színű teleutotelepek voltak megfigyelhetők (4.-5. ábra). A levélnyeleken hosszanti irányban lefutó telepek voltak megfigyelhetők.



**4.-5. ábra:** *Ficaria verna* növényt fertőző rozsdagombák telepei (Fotó: Szendrei, 2023)

*Muscari* sp.

Az ovális, kissé deltoid alakú teleutotelepek a levéllemezek egészen megfigyelhetőek voltak, színük sötétbarna. Egyes helyeken a foltok már kiterjedté váltak és összeolvadtak egymással. A foltok alatt és körülöttük a levéllemez sárgás elszíneződése volt megfigyelhető.

*Ornithogalum* spp.

A vizsgált levelek színi és fonáki oldalán is megfigyelhetőek voltak a tünetek (6.-7. ábra). Hosszanti irányban, láncszerűen megjelenő vagy foltoszerűen kiterjedő, világosbarna teleutotelepek borították a levelek nagy részét, körülöttük a szövetek sárgultak.



**6.-7. ábra:** *Ornithogalum umbellatum* leveleit borító rozsdatelepek (Fotó: Szendrei, 2023)

*Anemone* spp.

*Anemone* spp. levelén fehér színű ecídiumokat találtunk. Ezek a levelek fonáki részén csoportosan helyezkedtek el (8. ábra). Alakjuk szabad szemmel is jól látható, csészére emlékeztető volt. Ezen kívül üszöggomba okozta tüneteket is megfigyeltünk más egyedeken (9.-10. ábra). A tünetek kezdetben a levelek és a szár torzulását okozták, ólomszínű elváltozássoként jelentek meg, majd idővel a kórokozó spóratömege felhólyagosította a levéllemezt, később az epidermisz felszakadt és kiszabadultak a spórák.



**8. ábra:** Ecídiumok *Anemone* spp. levelének fonáki oldalán (Fotó: Szendrei, 2023)



**9.-10. ábra:** Üszöggomba tünete *Anemone* spp. levélnyelén és levelén (Fotó: Szendrei, 2023)

*Allium* sp.

A levéllemezen egy kiterjedt kör alakú folt volt megfigyelhető, a folt körül a levéllemez sárgult. Az uredotelepek a foltban koncentrikusan helyezkedtek el, színük vörösesbarna volt.

## 4.2 A vizsgált spórák morfológiai jellemzése

A spórák morfológiai vizsgálatai alapján azonosított fajokat három rozsdanemzetségbe, illetve további egy üszögnemzetségbe sorolhatjuk be. Az alábbiakban a vizsgált minták jellemzőit szeretném bemutatni, a mért értékeket a fejezet végén táblázatban is összefoglaltam (5. táblázat).

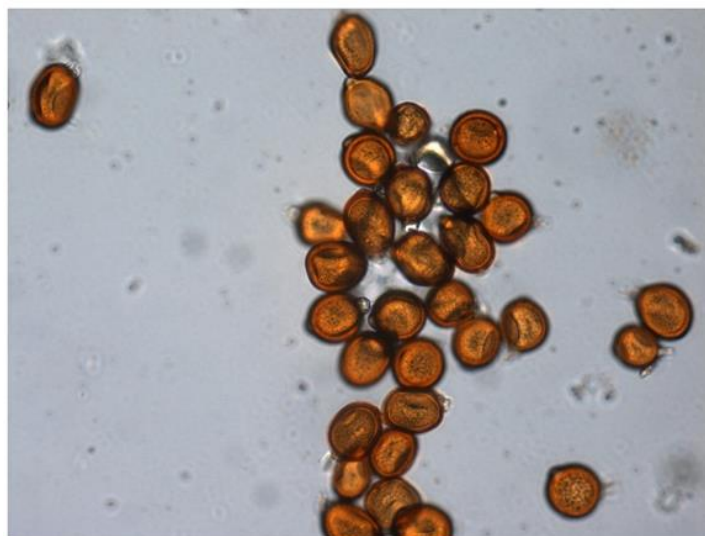
### 4.2.1 Az *Uromyces* nemzetségbe tartozó rozsdagombák spóráinak morfológiája

A vizsgált minták közül kilenc esetben azonosítható az *Uromyces* nemzetségbe tartozó rozsdagomba. *Ficaria verna* gazdanövényről származó B06 minta esetében ecídiospórákat, a B40 minta esetében uredospórákat, a B04, B12, B16 és B19 minták esetében pedig teleutospórákat vizsgáltunk (11. ábra). A vizsgált ecídiospórák egysejtűek, világos színűek, közel gömb alakúak voltak. A teleutospórák enyhén oválisak, közel gömb alakúak, egysejtűek voltak, külső vastag fallal rendelkeztek. Színük sötét, vörösesbarna volt. A spórák a nyélen magányosan álltak, csak csúcsi papilla volt megfigyelhető rajtuk. Az ecídiospórák mérete az alábbiak szerint alakult: hosszúság x átmérő: 14,6 µm – 30,1 µm (átlag: 20,8 µm) x 15,9 µm –

24,4  $\mu\text{m}$  (átlag: 19,3  $\mu\text{m}$ ), az ecídiospórák morfológiai bélyegei megegyeznek az *Uromyces rumex* rozsdagombáéval. Az uredospórák egysejtűek, vékony falúak voltak, hosszúságuk 8,9  $\mu\text{m}$  – 25,6  $\mu\text{m}$  (átlag: 13,4  $\mu\text{m}$ ), szélességük 9,2  $\mu\text{m}$  – 24,4  $\mu\text{m}$  (átlag 12,7  $\mu\text{m}$ ) volt, ezek az uredospóra bélyegek megegyeznek *Uromyces ficariae* rozsdagomba uredospóráinak morfológiai bélyegeivel. A teleutospórák méretei hasonlóak, hosszúságuk 16,3  $\mu\text{m}$  és 38  $\mu\text{m}$  (átlag: 27,1  $\mu\text{m}$ ) között változott, átmérőjük pedig 13,1  $\mu\text{m}$  – 25,5  $\mu\text{m}$  (átlag: 19,3  $\mu\text{m}$ ) közötti mérettartományban szerepelt, ezek a teleutospóra bélyegek megegyeznek a szakirodalomban *Uromyces ficariae* rozsdagomba teleutospórájának morfológiai bélyegeivel. Az egyes minták spóraméretei a 2. táblázatban láthatók.

**2. táblázat:** A *Ficaria verna* gazdanövényt fertőző kórokozók spóráinak méretei

| Minta azonosítókódja | Hosszúság ( $\mu\text{m}$ ) | Átmérő ( $\mu\text{m}$ ) |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| B04                  | 19,7 - 38 (átl.: 25,0)      | 14 - 24,4 (átl.: 18,6)   |
| B06                  | 14,6 - 30,1 (átl.: 20,8)    | 15,9 - 24,4 (átl.: 19,3) |
| B12                  | 8,5 - 30,1 (átl.: 13,8)     | 9,1 - 24,4 (átl.: 13,1)  |
| B19                  | 16,3 - 30,6 (átl.: 21,7)    | 13,1 - 25,5 (átl.: 18,9) |
| B40                  | 8,9 - 25,6 (átl.: 13,4)     | 9,2 - 24,4 (átl.: 12,7)  |



**11. ábra:** *Uromyces* sp. (B19) teleutospórái 400 $\times$  nagyítás (Fotó: Szendrei, 2024)

A *Musacri* fajt fertőző B07 rozsdagomba minta esetében szintén teleutospórákat, illetve *Scilla* fajt fertőző B37 rozsdagomba minta esetében uredospórákat vizsgáltunk (12. ábra). Az uredospórák egysejtűek, vékony falúak voltak. A teleutospórák közel gömb alakúak voltak, egysejtűek, külső vastag fallal. Színük vörösesbarna. A vizsgált képeken jól megfigyelhető volt a spórák hialin nyele és a csúcsi papilla is. A spórák hosszúsága 9,6  $\mu\text{m}$  – 26  $\mu\text{m}$  (átlag: 19,7

$\mu\text{m}$ ) között változott, átmérőjük pedig  $9,8 \mu\text{m} - 25,3 \mu\text{m}$  (átlag:  $17,8 \mu\text{m}$ ) között, a pontos méretek az 3. táblázatban összehasonlíthatók.



**12. ábra:** *Uromyces* sp. (B37) uredospórái mikroszkóp alatt, 400x nagyítás (Fotó: Kiss, 2024)

**3. táblázat:** A B07 és B37 minta mért értékei

| Minta azonosító kódja | Hosszúság ( $\mu\text{m}$ ) | Átmérő ( $\mu\text{m}$ ) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| B07                   | 9,6 - 25,3 (átl: 18,0)      | 9,8 - 18,8 (átl.: 15,1)  |
| B37                   | 17,4 - 26 (átl.: 21,5)      | 13,3 - 25,3 (átl.: 20,6) |

#### 4.2.2 Az *Ochropsora* nemzetségbe tartozó rozsdagomba spóráinak morfológiája

A vizsgálat során, a B10 minta esetében valószínűsíthető, hogy a vizsgált ecídiospórák az *Ochropsora* nemzetségbe sorolhatók. A vizsgált spórák áttetszőek voltak, enyhén sárgás árnyalattal. Külső faluk vékony. Alakjuk kerek vagy enyhén ovális. Hosszúságuk  $12,9 \mu\text{m} - 24,8 \mu\text{m}$  (átlag:  $18,0 \mu\text{m}$ ) között alakult, átmérőjük pedig  $10,9 \mu\text{m} - 21,2 \mu\text{m}$  (átlag:  $15,1 \mu\text{m}$ ) között.

#### 4.2.3 A *Puccinia* nemzetségbe tartozó rozsdagombák spóráinak morfológiája

A vizsgálatban szereplő spórák morfológiai tulajdonságai alapján, hat minta esetében valószínűsíthető, hogy a kórokozó a *Puccinia* nemzetségbe sorolható.

A B05 és B42 minták esetében teleutospórákat vizsgáltunk. Ezek kétsejtűek voltak, színük sötétbarna, enyhén rozsdabarna árnyalattal. A teleutospórák alakja hosszúkás tojásdad, mintha két egyenlő szárú háromszög lenne egymás felé fordítva. Faluk közepesen vastag,

szemölcsőséget mutat (13. ábra). A spórákon megfigyelhető volt több esetben is, rövid méretű, hialin nyél. Hosszúságuk  $20,6\ \mu\text{m}$  –  $58,7\ \mu\text{m}$  (átlag:  $38,3\ \mu\text{m}$ ) között, átmérőjük pedig  $8,5\ \mu\text{m}$  –  $28,7\ \mu\text{m}$  (átlag:  $18,1\ \mu\text{m}$ ) között változott. Ezek a morfológiai bélyegek hasonlóságot mutatnak a *Puccinia lojkaiana* faj leírásával.



**13. ábra:** *Puccinia* sp. (B42) teleutospóriái, 600x nagyítás (Fotó: Szendrei, 2024)

A B38 minta esetében szintén teleutospórákat vizsgáltunk (14. ábra), alakjuk tojásdad, két végükön elkeskenyedő, sok esetben látható a viszonylag rövid méretű, hialin nyél. A spórák kétsejtűek voltak, színük sötét rozsdabarna, faluk finoman szemcsézett felületű. Méreteik a következőképp alakultak: hosszúság  $38,5\ \mu\text{m}$  –  $54,3\ \mu\text{m}$  (átlag:  $45,5\ \mu\text{m}$ ), átmérő:  $17,3\ \mu\text{m}$  –  $27,2\ \mu\text{m}$  (átlag:  $22,9\ \mu\text{m}$ ). A morfológiai bélyegek megfelelnek a határozókönyvben leírt *Puccinia rossiana* faj morfológiai bélyegeivel.



**14. ábra:** *Puccinia* sp. (B38) teleutospóriái mikroszkóp alatt, 600x nagyítás (Fotó: Kiss, 2024)

A B03 és B43 minták esetében szintén kétsejtű, rozsdabarna színű, sima felületű, közepesen vastag fallal rendelkező teleutospórákat vizsgáltunk (15. ábra). A spórákon több esetben is megfigyelhető volt, a rövid, hialin nyél. A spórák méretei igen eltérőek voltak, ezt a 4. táblázat szemléletesen ábrázolja. A B03 minta esetében a hosszúság 34,7  $\mu\text{m}$  - 57,7  $\mu\text{m}$  (átlag: 45,8  $\mu\text{m}$ ), az átmérő pedig 21,1  $\mu\text{m}$  - 31,5  $\mu\text{m}$  (átlag: 23,9  $\mu\text{m}$ ) közötti tartományban alakult, míg a B43 minta esetében a hosszúság 12,4  $\mu\text{m}$  - 27,4  $\mu\text{m}$  (átlag: 20,3  $\mu\text{m}$ ), az átmérő pedig 14,5  $\mu\text{m}$  - 27,1  $\mu\text{m}$  (átlag: 20,3  $\mu\text{m}$ ) között volt. Ezek a morfológiai bélyegek megfelelnek a szakirodalomban leírt *Puccinia rossiana* faj morfológiai bélyegeivel.

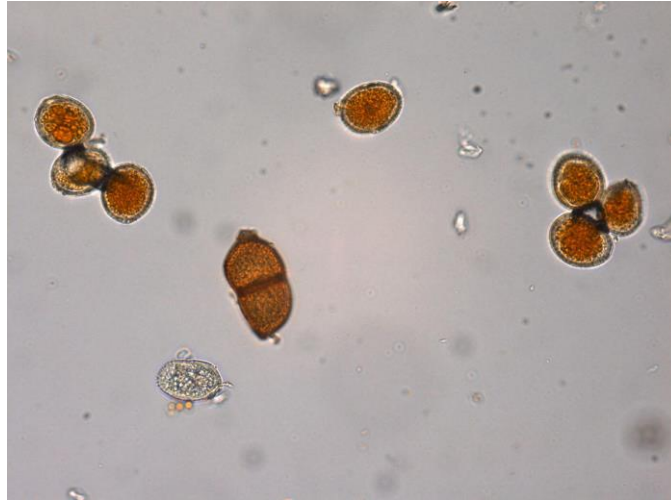


**15. ábra:** *Puccinia* sp. (B43) teleutospórái, 600x nagyítás (Fotó: Szendrei, 2024)

**4. táblázat:** A B03 és B43 minták teleutospóráinak mérete

| Minta azonosító kódja | Hosszúság ( $\mu\text{m}$ ) | Átmérő ( $\mu\text{m}$ ) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| B03                   | 34,7 - 57,7 (átl.: 45,8)    | 21,1 - 31,5 (átl.: 23,9) |
| B43                   | 12,4 - 27,4 (átl.: 20,3)    | 14,5 - 27,1 (átl.: 20,3) |

A B39 minta esetében uredospórákat vizsgáltunk. Ezek egysejtűek, enyhén ovális alakúak voltak. Színük élénk rozsdabarna, faluk világos, vékony és sima felületű volt (16. ábra). Néhány kétsejtű teleutospórákat is megfigyeltünk, melyeken papilla vagy nyél, csak néhány esetben volt. Hosszúságuk 16,5  $\mu\text{m}$  - 24,8  $\mu\text{m}$  (átlag: 21,2  $\mu\text{m}$ ), átmérőjük pedig 16  $\mu\text{m}$  - 26,3  $\mu\text{m}$  (átlag: 21,3  $\mu\text{m}$ ) között volt. A morfológiai bélyegek egyeznek a *Puccinia allii* faj leírásával, bár a spórák általunk mért átlagos hossza valamivel a határozókönyvben szereplő értékek (24  $\mu\text{m}$  - 32  $\mu\text{m}$ ) alatt marad.



**16. ábra:** *Puccinia* sp. (B39) uredospórái és teleutospórája, 400x nagyítás (Fotó: Kiss, 2024)

#### 4.2.4 Az *Urocystis* nemzetségbe tartozó üszöggomba spóráinak morfológiája

A B14 minta esetében a makro-, és mikroszkopikus vizsgálat során megállapítottuk, hogy a kórokozó egy üszög faj. A teliospóra morfológiája és a gazdanövény alapján valószínűsíthetően egy *Urocystis* nemzetségbe tartozó fajról van szó. A vizsgált spórahalmaz 1-3, sötét színű spórából állt, melyeket világos színű, steril melléksejtek vettek körbe (17. ábra). A melléksejtek száma is általában 1-3 között változott, a spórák körül nem alkottak hézagmentes, összefüggő burkot. A spórahalmazok a vizsgálat folyamán könnyen szétestek. A spórák csaknem gömbölyűek voltak méretük a következőképp alakult: hosszúság: 19,4  $\mu\text{m}$  - 35,5  $\mu\text{m}$  (átlag: 26,3  $\mu\text{m}$ ), átmérő: 14,4  $\mu\text{m}$  - 19,8  $\mu\text{m}$  (átlag: 15,2  $\mu\text{m}$ ). Ezek a morfológiai bélyegek megegyeznek *U. eranthidis* és *U. anemones* fajok leírásával.



**17. ábra:** *Urocystis* sp. (B14) teliospórái melléksejtekkel mikroszkóp alatt, 400x nagyítás (Fotó: Szendrei, 2023)

**5. táblázat: A lemért spórák morfológiai tulajdonságainak összesítése**

| Minta azonosító kódja | Hosszúság (µm)           | Átmérő (µm)              | Sejtszám (db) | Spóra típusa |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
| B03                   | 34,7 - 57,7 (átl.: 45,8) | 21,1 - 31,5 (átl.: 23,9) | 2             | teleutospóra |
| B04                   | 19,7 - 38 (átl.: 25,0)   | 14 - 24,4 (átl.: 18,6)   | 1             | teleutospóra |
| B05                   | 35,1 - 58,7 (átl.: 49,5) | 19,5 - 28,7 (átl.: 24,1) | 2             | teleutospóra |
| B06                   | 14,6 - 30,1 (átl.: 20,8) | 15,9 - 24,4 (átl.: 19,3) | 1             | ecídiospóra  |
| B07                   | 9,6 - 25,3 (átl.: 18,0)  | 9,8 - 18,8 (átl.: 15,1)  | 1             | teleutospóra |
| B10                   | 12,9 - 24,8 (átl.: 18,5) | 10,9 - 21,2 (átl.: 15,2) | 1             | ecídiospóra  |
| B12                   | 8,5 - 30,1 (átl.: 13,8)  | 9,1 - 24,4 (átl.: 13,1)  | 1             | teleutospóra |
| B14                   | 6,4 - 19,5 (átl.: 12,9)  | 6,4 - 19,8 (átl.: 12,2)  | 1             | teliospóra   |
| B16                   | 19,9 - 32,8 (átl.: 25,6) | 13,4 - 25,1 (átl.: 18,8) | 1             | teleutospóra |
| B19                   | 16,3 - 30,6 (átl.: 21,7) | 13,1 - 25,5 (átl.: 18,9) | 1             | teleutospóra |
| B37                   | 17,4 - 26 (átl.: 21,5)   | 13,3 - 25,3 (átl.: 20,6) | 1             | uredospóra   |
| B38                   | 38,5 - 54,3 (átl.: 45,5) | 17,3 - 27,2 (átl.: 22,9) | 2             | teleutospóra |
| B39                   | 16,5 - 24,8 (átl.: 21,2) | 16 - 26,3 (átl.: 21,3)   | 1             | uredospóra   |
| B40                   | 8,9 - 25,6 (átl.: 13,4)  | 9,2 - 24,4 (átl.: 12,7)  | 1             | uredospóra   |
| B42                   | 20,6 - 40,4 (átl.: 27,1) | 8,5 - 14,8 (átl.: 12,1)  | 2             | teleutospóra |
| B43                   | 12,4 - 27,4 (átl.: 20,3) | 14,5 - 27,1 (átl.: 20,3) | 2             | teleutospóra |

### 4.3 A molekuláris vizsgálatok eredménye

A molekuláris vizsgálat során sikeresen vontunk ki össznukleinsavat B04, B05, B07, B10 B12, B14, B16, B37, B38, B39, B43 minták esetében. Az ITS régió vizsgálata során az ITS1F és az ITS4B primerekkel körülbelül 600, illetve a Rust2inv és LR6 primerekkel körülbelül 1000 bázispár hosszúságú terméket amplifikáltunk a PCR során.

A nukleotid sorrend összehasonlítás eredményeként a B10-es izolátum szekvenciája 100%-os hasonlóságot mutatott az NCBI adatbázisban szereplő *Ochropsora ariae* izolátum szekvenciájával (18. ábra).

[Ochropsora ariae voucher K\(M\):174970 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence: internal transcribed...](#) [Ochropsora ariae](#) 1114 1114 91% 0.0 100.00% 630 [MZ159450.1](#)

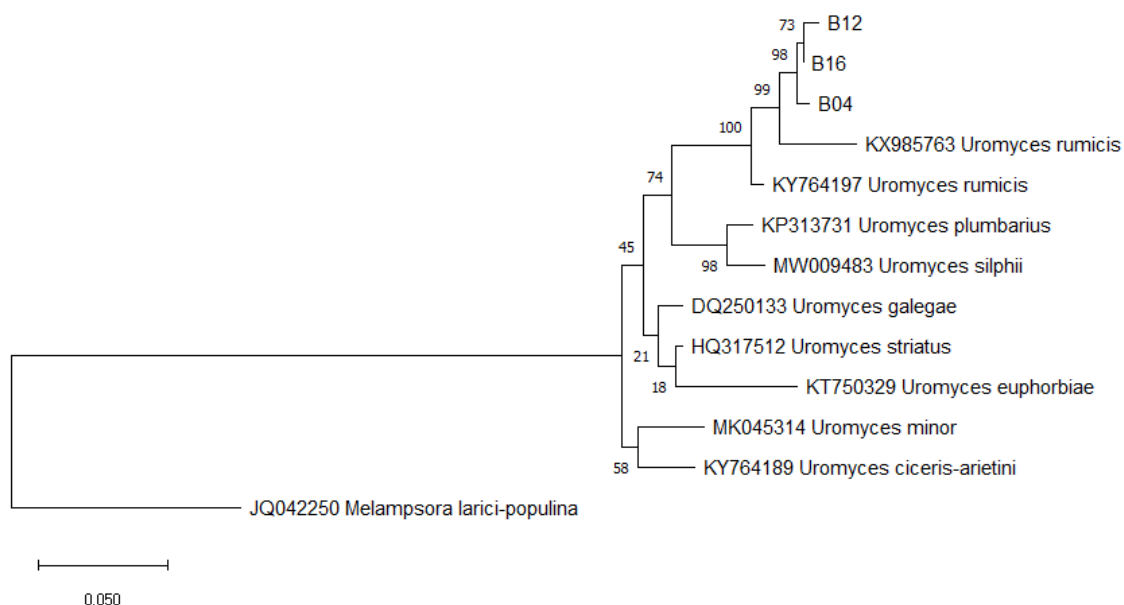
**18. ábra:** Az Az NCBI adatbázis találatai (legnagyobb egyezés) a B10- es izolátum azonosítása során

#### 4.3.1. *Uromyces* fajok azonosítása

A nukleotid sorrend összehasonlítás eredményeként a B04, B12, B16-os izolátumok szekvenciája 96%-os hasonlóságot mutattak az NCBI adatbázisban szereplő *Uromyces rumicis* izolátumok szekvenciáival. A törzsfán (19. ábra) a *Melampsora larici-populina* izolátum csoporton kívülként, másik ágon jól elkülönül az *Uromyces* fajok izolátumaitól. A B04, B12, B16-os

izolátumok közeli rokonságot mutatnak az *U. rumicis* fajjal. Az adatbázisban *Uromyces ficaria* szekvencia adatok nem találhatók, így csak a rokon fajokat tudtuk jelölni a törzsfán.

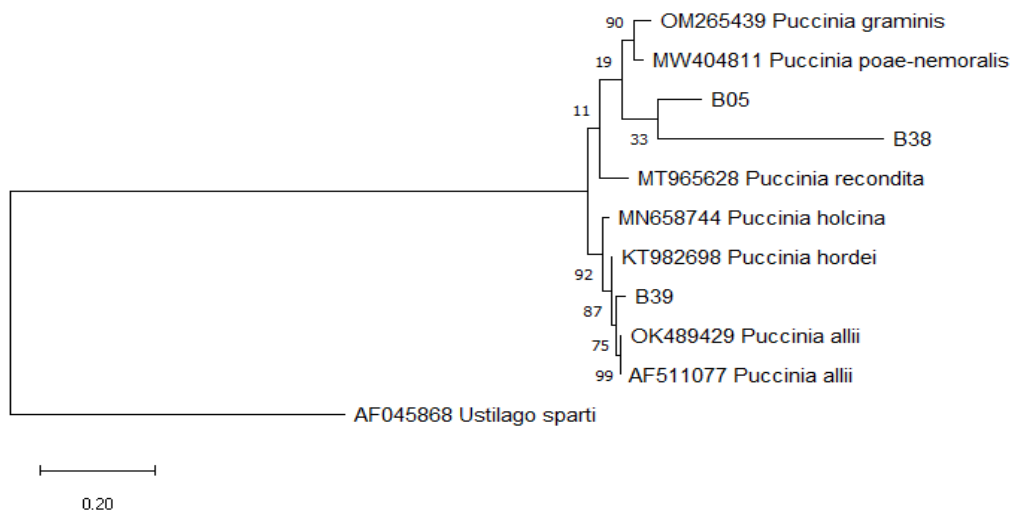
Az ITS régió az előzőtől különböző szekvenciárészlete alapján B07, B37-es izolátumok 97% hasonlóságot mutattak az NCBI adatbázisban szereplő *Uromyces muscari* (syn. *U. scillarum*) izolátumok szekvenciáival.



**19. ábra:** A B04, B12, B16 izolátumok dendrogramja az ITS régió szekvenciárészlete alapján (Tóth és Szendrei, 2024)

#### 4.3.2. *Puccinia* fajok azonosítása

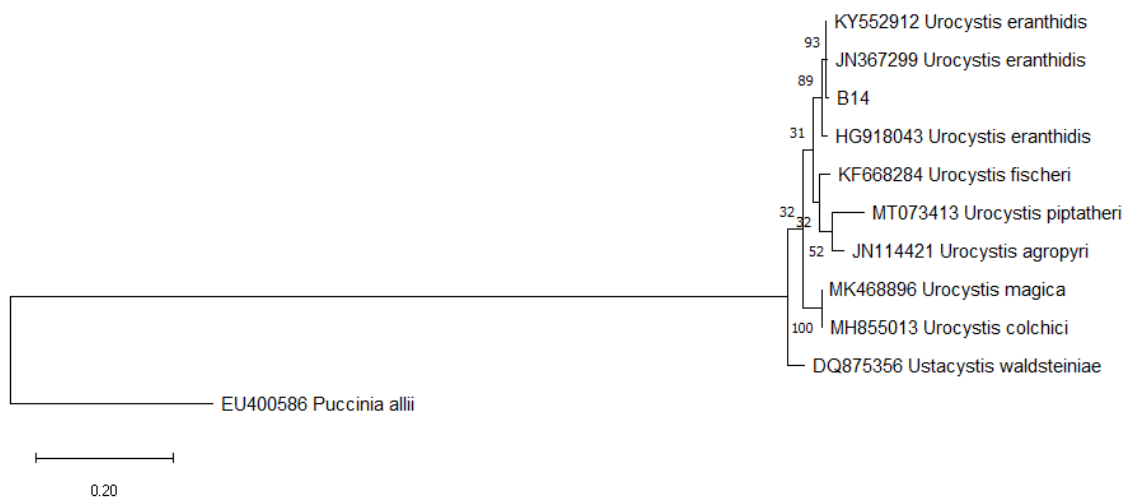
A nukleotid sorrend összehasonlítás eredményeként a B39-es izolátum szekvenciája 98,63%-os hasonlóságot mutatott az NCBI adatbázisban szereplő *Puccinia allii* izolátumok szekvenciáival. A törzsfán (20. ábra) az *Ustilago sparti* izolátum csoporton kívülként másik ágon jól elkülönül a *Puccinia* fajok izolátumaitól. A B05, B38-as izolátumok közeli rokonságot mutatnak *Puccinia* fajokkal, de külön ágon helyezkednek el.



**20. ábra:** A B05, B38, B39-es izolátumok dendrogramja az ITS régió szekvenciárészlete alapján (Tóth és Szendrei, 2024)

#### 4.3.3. *Urocystis* faj azonosítása

A nukleotid sorrend összehasonlítás eredményeként a B14-es izolátum szekvenciája 99,26%-os hasonlóságot mutatott az NCBI adatbázisban szereplő *Urocystis eranthidis* izolátumok szekvenciáival. A törzsfán (21. ábra) a *Puccinia allii* izolátum csoporton kívülként másik ágon jól elkülönül az *Urocystis* fajok izolátumaitól. A B14-es izolátum egy ágon helyezkedik el *Urocystis eranthidis* fajjal.



**21. ábra:** A B14 izolátum dendrogramja az ITS régió szekvenciárészlete alapján (Tóth és Szendrei, 2024)

Magyarázat az 19.-21. ábrához: Az izolátumokat a dendrogramon az NCBI adatbázis hivatkozási számaival tüntettük fel. A törzsfán a vízszintes vonalak, ill. azok hossza az izolátumok egymástól való genetikai távolságát mutatják a vizsgált szekvenciák nukleotid sorrendjének eltérései alapján. A függőleges vonalak az izolátumok egyezőségét jelzik az elágazásokig. A törzsfa alatti skála mértéke 1 bázis eltérést jelöl 100 bázisonként.

## 5. Következtetések

Elsősorban a tavaszi időszakban figyelhattunk meg tüneteket az általunk vizsgált növényeken, ez egyrésztől azért lehet, mert a gazdanövények fejlődése ebben az időszakban a legintenzívebb (Simon, 1992; Klock, 1993; Wilford, 2023), másrészt pedig a rozsdagombák biológiája miatt (Gjaerum, 1993; García-Guzmán és Wennström, 2001; Vemić, 2021). A heteroecikus rozsdagombák jellemzően a tavaszi időszakban a köztes gazdanövényen találhatók, majd a tavasz végén, nyár elején fertőzik a fő gazdanövényt (Horváth *et al.*, 1995; Glits és Folk, 2000; Kolmer *et al.*, 2009).

Az általunk vizsgált növények mindegyikén figyeltünk meg színváltozást, ahogy a szakirodalomban is említik, mely elsősorban sárgulás volt, de több esetben száradást, nekrotizációt is feljegyeztünk (Schmid és Henggeler, 1989; Glits és Folk, 2000; Baumjohann és Baumjohann, 2011). A leveleket többször jelentős mértékben borították a rozsdatelepek, ugyanakkor inkább a kisebb mértékű, de több levélen megfigyelhető fertőzés volt jelentősebb.

A *Ficaria verna* növényt fertőző B04, B12, B19, B16, B40 rozsdagomba mintákat *Uromyces ficaria* fajként azonosítottuk morfológiai bélyegek alapján, bár a molekuláris elemzés során a B04, B12, B16-os rozsdagomba minták szekvenciája nagymértékben hasonlított az *U. rumex* faj szekvenciájára a vizsgált genomi régió alapján. Ennek oka lehet, hogy az NCBI adatbázisban még nem szerepel szekvencia adat az *U. ficariae* kórokozóról a vizsgált génszakaszon. Az *Uromyces ficariae* Európában széles körben elterjedt kórokozó, teleuto-, és uredoszórusza a *Ficaria verna* növényen él (Bánhegyi *et al.*, 1985).

A B07 és B37 minták esetében, a vizsgált teleutospórák és uredospórák alakja és mérete, illetve a gazdanövény miatt, az általunk vizsgált kórokozót az *Uromyces muscari* (*syn.: Uromyces scillarum*) fajként azonosítottuk *Muscari* sp. (B07) és *Scilla* sp. (B37) gazdanövényeken. Érdemes ugyanakkor megemlíteni, hogy mindkét minta esetében a mért hossz és keresztirányú értékek a határozókönyv (hosszúság: 18 µm -30 µm, átmérő: 13 µm - 22 µm) alatti mérettartományban is előfordultak. A kórokozó kutatása alaposabb vizsgálatokat igényel, esetleg fertőzési kísérleteket is végezhetünk vele, mert Lehoczky (1959) kutatásai alapján több alfaja is megtalálható Magyarországon. Ezt a feltételezést a molekuláris vizsgálatok is alátámasztják hiszen az NCBI adatbázisban lévő *Uromyces muscari* fajok szekvenciáival csak 96%-os egyezést mutatnak a vizsgált génszakaszon.

*Scilla* fajokat több *Puccinia* faj is fertőzheti, mint a *Puccinia liliacearum*, *Puccinia scillae-rubrae*, *Puccinia rossiana* (Sydow és Sydow, 1915, Bánhegyi *et al.*, 1985). A *Scilla* sp. növényt fertőző *Puccinia* fajt (B03 és B43) a teleutospórák finom szemcsézettsége és mérete alapján *Puccinia rossiana* fajként azonosítottuk. Bár a spórák hosszának méretei egymáshoz képest eltértek, ennek oka lehet, hogy különböző években gyűjtöttük a mintát.

*Ornithogalum umbellatum* gazdanövényen *Puccinia* sp. (B05, B42) kórokozót vizsgáltunk. *Ornithogalum* fajokat több *Puccinia* faj is fertőz, mint a *P. hordei*, *P. liliacearum*, *P. lojkaiana* (Anikster, 1981; Cannon, 2011). A vizsgált spórák méretei alapján az általunk vizsgált kórokozó a *P. liliacearum* és *P. lojkaiana* egyaránt lehetségesek, ugyanakkor a *P. liliacearum* teleutospóráinak fala sima, míg a vizsgált minták esetében enyhe szemölcsösség figyelhető meg, így *Puccinia lojkaiana* rozsdagomba fajként azonosítottuk a vizsgált kórokozókat (Sydow és Sydow, 1904; Sydow és Sydow, 1915, Bánhegyi *et al.*, 1985). A molekuláris vizsgálatok szintén megerősítették, hogy a vizsgált kórokozók a *Puccinia* nemzetség tagjai, azonban az adatbázisban *Puccinia lojkaiana* szekvencia adatok nem találhatók, így csak nemzetség szinten volt lehetséges az azonosítás.

A *Hyacinthoides* fajt fertőző rozsdagombát a morfológiai bélyegek alapján, a teleutospórák mérete és faluk finom szemcsézettsége révén *Puccinia rossiana* fajként azonosítottuk (Bánhegyi *et al.*, 1985). Ugyan a *P. liliacearum* szintén fertőzi a *Hyacinthoides* fajokat, de teleutospórájának fala sima, így kizárható, hogy az általunk vizsgált növényen a tüneteket ez a kórokozó okozta volna (Săvulescu, 1953). Ahogy a *P. lojkaiana* esetében is, a molekuláris vizsgálatok szintén megerősítették, hogy a vizsgált kórokozók a *Puccinia* nemzetség tagjai, azonban a nemzetközi adatbázisban *P. rossiana* szekvencia adatok nem találhatók, így csak nemzetség szinten volt lehetséges az azonosítás.

A díszhagymákat több különböző rozsdagomba is fertőzheti, mind az *Uromyces*, mind pedig a *Puccinia* nemzetség tagjai (Bánhegyi *et al.*, 1985; Glits és Folk, 2000). Az általunk vizsgált díszhagymát fertőző *Puccinia* fajt (B39), *Puccinia allii* s. lat. kórokozóként azonosítottuk az uredospóra morfológiája és az ITS genomi régió alapján. Az általunk vizsgált *P. allii* szekvenciája 98,63%-os hasonlóságot mutatott az NCBI adatbázisban szereplő *Puccinia allii* fajkomplex tagjainak szekvenciáival, a fajkomplexeen belüli pontos helyzetének meghatározását nehezíti az adatbázisban lévő kevés szekvencia adat (McTaggart *et al.*, 2016; Geering, 2017).

A vizsgálatban szereplő egyik *Anemone* fajon talált üszöggombát (B14), morfológiai bélyegei alapján az *Urocystis* nemzetségbe soroltuk, jellegzetes, a teliospórát körülvevő steril melléksejtek alapján (Glits és Folk, 2000). *Anemone* fajokat több *Urocystis* nemzetségbe tartozó üszöggomba is fertőz, ilyen az *U. eranthidis*, *U. anemones*, *U. antucensis*, *U. japonica*, *U. pseudoanemones*, *U. sinensis* (Denchov *et al.*, 2007). Habár *U. anemones* és *U. eranthidis* morfológiai leírása is megegyezett az általunk vizsgált *Urocystis* fajjal, a molekuláris vizsgálat során azonosítottuk, hogy az *U. eranthidis* üszögfaj fertőzte az általunk vizsgált *Anemone* fajt. Tudomásunk szerint ez az első hazai leírása *Anemone* fajt fertőző *U. eranthidis* üszöggombának.

Továbbá, a vizsgálat során *Anemone* fajon nem csak üszöggombát, hanem egy rozsdagombát is azonosítottunk (B10). A vizsgált ecídiospórák és tünet alapján *Ochropsora ariae* fajként határoztuk meg a kórokozót, amelyet az ITS genomi régió molekuláris vizsgálata is megerősített. Az *Ochropsora ariae* heteroecikus faj, mely az *Anemone nemorosa* fajt fertőzi Európában és Ázsiában. A rozsdagomba megjelenése a fő gazdanövényének közelségéhez köthető, a gombával fertőzött *Anemone* egyedek fejlődésben visszamaradottak, kevesebb virágot hoznak (Bánhegyi *et al.*, 1985; García-Guzmán és Wennström, 2001).

## 6. Összefoglalás

A hagymás és gumós dísznövények elterjedtek és széles körben árusítottak ugyan, de a velük foglalkozó kutatások száma az utóbbi években nem túl jelentős. A *geophyta* növényeket fertőző kórokozók, azon belül is a bazídiumos gombák egy kevésbé kutatott terület. A kutatásom során, 2023 és 2024 között ezeket a *geophyta* dísznövényeket fertőző bazídiumos gombákat vizsgáltam. A dolgozatban tizenhat gazdanövényen vizsgáltuk az őket fertőző bazídiumos gombákat. Célunk volt a betegséget okozó kórokozók azonosítása, a morfológiai bélyegek és molekuláris vizsgálatok alapján, hogy az eredményeket összevetthessem egymással, annak érdekében, hogy megtudjam, a morfológiai azonosítás eredményei és a molekuláris módszerek által kapott eredmények milyen mértékben egyeznek.

A kutatás során, a vizsgált növényeken megjelenő tüneteket megfigyeltem és feljegyeztem. A kórokozó megtelepedését követően minden esetben megfigyelhető a gazdanövények sárgulása.

A vizsgálat későbbi szakaszában, a morfológiai bélyegek alapján történő azonosítás nem volt egyszerű feladat, számos, egymással rokon gombafaj fertőzheti ugyanazt a gazdanövényt, így némely esetben, a kizárólag morfológiai tulajdonságok alapján történő elkülönítés nem lehetséges.

Az általunk vizsgált *Ficaria verna* növényt fertőző rozsdagombát *Uromyces ficaria* fajként azonosítottuk, bár a szekvenciája hasonlóságot mutatott az *U. rumex* fajjal is. A *Muscari* és *Scilla* gazdanövényeken *Uromyces muscari* rozsdagombát azonosítottunk, megjegyzendő, hogy a spórák mérete kismértékben eltért a határozókönyvek adataitól, ezek további kutatás tárgyát képezhetik. *Puccinia* fajt vizsgáltunk *Scilla* és *Hyacinthoides* növényeken is, melyeket *P. rossiana*-ként azonosítottunk mindkét gazdanövényen. Továbbá az általunk vizsgált *Ornithogalum umbellatum* gazdanövényen a *P. lojkaiana* fajt határoztuk meg. Az *Anemone* növényen *Urocystis eranthidis* üszöggombát és *Ochropsora ariae* rozsdagombát azonosítottuk, mindkét kórokozó morfológiai meghatározását alátámasztottuk molekuláris vizsgálatokkal egyaránt.

Az eredmények között új hazai előfordulások is szerepelnek, mint az *Anemone* fajt fertőző *Urocystis eranthidis*.

## 8. Irodalomjegyzék

1. Aime, M. C. (2006): Toward resolving family-level relationships in rust fungi (Uredinales) in The Mycological Society of Japan and Springer-Verlag Tokyo DOI: 10.1007/s10267-006-0281-0
2. Aime, M. C.; Toome, M.; McLaughlin, D. J. (2014): Pucciniomycotina. Pages 271-294 in: Systematics and Evolution: Part A. D. J. McLaughlin and J. W. Spatafora, eds. Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Anikster, Y. (1981): Alternate Hosts of *Puccinia hordei*, in Phytopathology, Volume 72, 733-735 p.
4. Anikster, Y. (1989): Host specificity versus plurivory in barley leaf rusts and their microcyclic relatives. Mycological Research 93: 175–181 p.
5. Anikster, Y.; Moseman, J. G.; Wahl, I. (1980): Developement of Basidia and Basidiospores in *Uromyces* Species on Wild Barley and *Liliaceae* in Israel, Trans. Br. mycol. Soc. 7S (3) 377-382 p.
6. Baka, Z. A. M. (2023): Rust Haustoria, Plant Mycobiome, 175–202 p.
7. Bánhegyi, J.; Tóth, S.; Ubrizsy, G.; Vörös, J. (1985): Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve 2. 779-781, Akadémia Kiadó, Budapest.
8. Barnes, C. W.; Szabo, L. J. (2006): Detection and Identification of Four Common Rust Pathogens of Cereals and Grasses Using Real-Time Polymerase Chain Reaction, The American Phytopathological Society, page 717- 727. (<https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-6-0717o>)
9. Baumjohann, D.; Baumjohann, P. (2011): Növényvédelem, Sziget Kiadó
10. Begerow, D.; Bauer, R.; Boekhout, T. (2000): Phylogenetic placements of ustilaginomycetous anamorphs as deduced from nuclear LSU rDNA sequences, In Mycological Research Volume 104, Issue 1, 53-60 p. (<https://doi.org/10.1017/S0953756299001161>)
11. Blackman, V. H.; Fraser, H. C. (1906): Further studies on the sexuality of the *Uredinae*. Annals of Botany 20, 35-48 p.
12. Blagoveshchenskaya, E. Y. (2023): Rust Fungi Dynamics. Contemp. Probl. Ecol. 16, 458–465 p. (DOI: 10.1134/S1995425523040029)
13. Butcher, R. W. (1954): *Colchicum autumnale* L., in Journal of Ecology, Vol 42, No. 1., 249—257 p. (DOI: 10.2307/2256998)

14. Byrde, R. J. W.; Cutting, C. V. (1973): Fungal Pathogenicity and the Plant's Response, Academic Press, London, 320-327 p.
15. Cannon, P. F. (2011): *Puccinia liliacearum*, in Descriptions of Fungi and Bacteria, Volume 188, Sheet 1878. (<https://doi.org/10.1079/DFB/20113331042>)
16. Critopoulos, P. (1956): Perpetuation of the Brown Rust of Barley in Attica, Mycologia, 48:4, 596-600 p. (DOI: 10.1080/00275514.1956.12024570)
17. Cummins, G. B.; Hiratsuka, N. (2003): Illustrated Genera of Rust Fungi, 3rd edn. St. Paul, MN: American Phytopathological Society.
18. Denchev, C. M.; Kakishima, M.; Harada, Y. (2007): Species of *Urocystis* (*Ustilaginomycetes*) on Anemone in Japan, In Mycoscience 41, 449-454 p.
19. Denchev, C. M.; Giraud, T.; Hood, M. E. (2009): Three new species of anthericolous smut fungi on Caryophyllaceae, In Mycologia Balcanica 6, 79–84 p.
20. Ellis, B. W. (2001): Bulbs, Taylor's guide to bulbs, how to select and grow 480 species of spring and summer bulbs, Houghton Mifflin Company, Boston, 2-4 p.
21. Erincik, Ö.; Döken, M. T. (2010): Host specialization of *Tranzschelia discolor* on stone fruits at the uredinial infection stage. *Phytoparasitica* 38, 455–461. (DOI:10.1007/s12600-010-0114-8)
22. Erős-Honti, Zs. (2011): A kertészeti növények alaktana (egyetemi jegyzet), Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Budapest
23. Freytag, S.; Bruscaaglioni, L.; Gold, R. E.; Mendgen, K. (1988): Basidiospores of rust fungi (*Uromyces* species) differentiate infection structures in vitro, Experimental Mycology Volume 12, Issue 3, September 1988, Pages 275-283 (DOI:10.1016/0147-5975(88)90042-4)
24. García-Guzmán, G.; Wennström, A. (2001): Interactions between two rust fungi and their host plant *Anemone nemorosa*, In Ecography 24, 25-32 p. (DOI:10.1034/j.1600-0587.2001.240104.x)
25. Gardes, M.; Bruns, T. D. (1993): ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes - application to the identification of mycorrhizae and rusts, in Molecular Ecology, Volume 2, 113-118 p. (DOI: 10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x)
26. Geering, A. (2017): Final Report, Classification of the onion rust complex and development of rapid diagnostic assays, Hort Innovation.
27. Gjaerum, H. B. (1974): Nordens rustsopper – Fungiflora, Oslo
28. Gjaerum, H. B. (1993): Parasitsopper på vitevis – Blyttia 3-4., 111-114 p.
29. Glits, M.; Folk, Gy. (2000): Kertészeti növénykórtan, Mezőgazda kiadó, Budapest

30. Jackson, H. S. (1931): Present evolutionary tendencies and the origin of life cycles in the Uredinales, *Memoirs of the Torrey Botanical Club* 18, 5-108.
31. Hanson, B. (editor) (2002): *Spring Blooming Bulbs*. Brooklyn Botanic Garden Inc., 10-13 p.
32. Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies Jr., F. T. (2002): *Plant propagation*, New Jersey, Principles and Practices, Seventh Edition, Upper Saddle River, 880- 890 p.
33. Hawthorne, L. (1998): *Hagymás és gumós növények*, Panemex Kft. és Gafro Kft., Budapest
34. Hawthorne, L.; Upward, M.; Barlow, L.; Catterall, E.; Grenfell, D.; Hitchcock, D.; Key, H.; Linnegar, S.; McClintock, D.; Miller, D.; Swindells, P.; Thirkell, J. (1996): *Évelő dísznövények*, Panemex Kft. és Gafro Kft., Budapest
35. Heller, A. (2019): Host-parasite interaction during subepidermal sporulation and pustule opening in rust fungi (*Pucciniales*), in *Protoplasma* Volume 257, 783–792 p.
36. Hluchý, M.; Zacharda, M.; Laštůvka, Z.; Bagar, M.; Jetmarová, E.; Vanek, G. (2022): *A gyümölcsfák és a szőlő védelme az ökológiai és integrált növénytermesztésben*, Biocont Laboratory Ltd., CZ, Modřice, 181 p.
37. Horváth, J.; Fischl, G.; Kadlicskó, S.; Kiss, E.; Pintér, Cs. (1995): *A szántóföldi növények betegségei*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 28-33 p.
38. Hrabětová, M.; Kolařík, M.; Marková, J. (2015): Phylogeny and taxonomy of grass rusts with aecia on *Ranunculus* and *Ficaria*, in *Mycological Progress*, Volume 14, Article 12 p.
39. Jámbo, A.; Török, Á. (2020): *A magyar dísznövényágazat helyzete és kilátásai - Tanulmány*, Budapest, Co-Print Kft.
40. Jandrasits, L.; Fischl, G. (2014): Védett növényfajok mikroszkopikus gombái az Őrségi Nemzeti Parkban és környékén, in *Kitaibelia* 19 (2): 187–211p.
41. Kaishian, P.; Layug, C. R. K.; Anderson, M.; Berg, D. R.; Aime, M. C. (2024): Rust HUBB: DNA barcode-based identification of *Pucciniales*, *IMA Fungus* Volume 15, article number 3. (DOI:10.1186/s43008-023-00132-7)
42. Kern, U. (2000): *Zwiebelblumen in den Niederlanden*, *Deutscher Gartenbau*, 2000 (12) 8-10 p.
43. Klock, P. (1993): *Hagymás és gumós virágsodák*, Unikornis Kiadó.
44. Kolmer, J. A.; Ordonez, M. E.; Groth, J. V. (2009): The Rust Fungi. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester (DOI: 10.1002/9780470015902.a0021264)

45. Kristóf, Z.; Vági, P.; Preininger É.; Kovács, M. G.; Bóka, K.; Böddi, B. (2013): Növények és gombák szerveződése, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest 95-99 p.
46. Kumar, P.; Sharma, R., Kumar, K. (2024): A perspective on varied fungal virulence factors causing infection in host plants, in Molecular Biology Reports Volume 50, Article Number 392.
47. Laundon G. F.; Rainbow A. F. (1971): *Tranzschelia pruni-spinosae* var. *pruni-spinosae*, UK, CAB International, Descriptions of Fungi and Bacteria, Number 29 (DOI:10.1079/DFB/2005640028)
48. Lehoczky, J. (1959): Biological specialization of the rust fungus *Uromyces scillarum* (Grev.) Wint. Acta botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 5, 391-398
49. Maier, W.; Wingfield, B. D.; Mennicken, M.; Wingfield, M. J. (2007): Polyphyly and two emerging lineages in the rust genera *Puccinia* and *Uromyces*. Mycological Research 111: 176–185 p.
50. McTaggart, A. R.; Shivas, R. G.; Doungsa-ard, C.; Weese, T. L.; Beasley, D. R.; Hall, B. H.; Metcalf, D. A.; Geering, A. D. W. (2016): Identification of rust fungi (*Pucciniales*) on species of *Allium* in Australia, In Australasian Plant Pathology, Vol. 45, 581-592 p. (DOI:10.1007/s13313-016-0445-0)
51. Ono, Y. (2002): Life cycle and nuclear behavior in three rust fungi (*Uredinales*). Mycoscience 43, 37-45 p. (DOI:10.1007/s102670200007)
52. Patkós, I. és Kovács, E. (2018): Az élő dísznövények felhasználása, Patkós István szerzői kiadása, Budapest, 246-250 p.
53. Petróczy, I. (szerk.) (1982): Szántóföldi növényvédelem, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 70 p.
54. Piepenbring, M.; Bauer, R.; Oberwinkler, F. (1998): Teliospores of smut fungi general aspects of teliospore walls and sporogenesis, In Protoplasma, Volume 204, 155–169 p. (DOI:10.1007/BF01280322)
55. Priszter, Sz. (1974): Hagymás kerti virágok, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 219-220.
56. Savile, D. B. O. (1953): Short-season adaptation in the rust fungi, Mycologia 45: 75–87 p.
57. Săvulescu, T. (1953): Monografia Uredinalelor din Republica Populară Română, Vol II., Academiei Republicilare Romane
58. Schmid, O. és Henggeler, S. (1989): Szelíd növényvédelem, Ökoszervíz Kiadó, Budapest 181 p.

59. Schmidt, G. (2002a): Hagymás dísznövények alkalmazási tanulságai a Budai Arborétumban 14 év távlatában, Tájépítészet, 2002 (2) 27-29 p.
60. Schmidt, G. szerk. (2007): Évelő dísznövények termesztése, ismerete, felhasználása, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 103 p.
61. Scholes, J. D.; Farrar, J. F. (1985): Photosynthesis and chloroplast functioning within individual pustules of *Uromyces muscari* on bluebell leaves, in Physiological Plant Pathology, Vol. 27, 387-400 p.
62. Simon, T. (1992): A magyarországi edényes flóra határozója: Harasztok – virágos növények, Budapest, Tankönyvkiadó, 892 p.
63. Swann, E. C.; Frieders, E. M.; McLaughlin D. J. (2001): *Urediniomycetes*. In: McLaughlin DJ and Lemke P (eds) The Mycota VII. B. Systematics and Evolution. Berlin: Springer.
64. Sydow, P.; Sydow, H. (1904): *Monographia Uredinearum*, Vol I. Genus *Puccinia*, Lipsiae, Frates Borntraeger.
65. Sydow, P.; Sydow, H. (1915): *Monographia Uredinearum*, Vol III.v*Pucciniaceae* - *Melampsoraceae* - *Zaghonaniaceae* - *Coleosporiaceae*, Lipsiae, Frates Borntraeger.
66. Szepessy, I. (1977): Növénybetegségek, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 195-200 p.
67. Szűcs, L. (1977): A növénykedvelő kislexikona, Gondolat Kiadó, Budapest 368-369 p.
68. Tarbell, T. (2008): Molecular characterization of fungal species from pure cultures and environmental samples. Fordham University, Department of Biological Sciences.
69. Termorshuizen, A. (2005): Easily recognizable plant parasites. V. *Uromyces ficariae*, *U. dactylidis* and *Entyloma ficariae*, as well as some related species on *Ranunculus ficaria*, in Coolia, Vol. 48, No. 1, 21-23 p.
70. Toome-Heller, M. (2016): Latest developments in the research of rust fungi and their allies (*Pucciniomycotina*). Pages 147-168 in: Biology of Microfungi. D.-W. Li, ed. Springer International Publishing, Cham.
71. Turcsányi, G. (1995): Mezőgazdasági növénytan, Budapest, Mezőgazda Kiadó, 555 p.
72. Tóth, K. (2024): Hagymás vágott virágok értékesítése, szóbeli közlés
73. Tykhonenko, Y. Y.; Minter, D. W.; CAB, UK International (2001): *Uromyces ficariae*, Descriptions of Fungi and Bacteria, 1499, 150 p. (DOI: 10.1079/DFB/200564014)
74. Van Dijk, H.; Kurpershoek, M. (2002): Kerti csodák – Hagymás, gumós és rizómás növények. Venterus Libro Kiadó, Budapest

75. Vánky, K. (1997): Üszöggomba taxonómiai kutatás a nagyvilágban és Magyarországon, Első Nemzetközi Növényvédelmi Konferencia kiadványa, Debreceni Agrártudományi Egyetem, 10-11 p.
76. Vánky, K. (2008): Smut Fungi (*Basidiomycota* P.P., *Ascomycota* P.P.) of the World. Novelties, Selected examples, Trends, In *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 55 (2), 91–109 p. (DOI: 10.1556/AMicr.55.2008.2.2)
77. Vemić, A. (2021): The first report of *Ochrospora ariae* and *Septoria sorbi* on whitebeam (*Sorbus aria*) seedlings in Montenegro, In *Reforesta*, No. 12. (DOI:10.21750/REFOR.12.03.95)
78. Webster, J. (1980): *Introduction to Fungi*. Oxford: Cambridge University Press.
79. Wilford, R. (2021): *Hagymás és gumós dísznövények*. Kossuth Kiadó.
80. Woods, R. G.; Chater, A. O.; Smith, P. A.; Stringer, R. N.; Evans, D. A. (2018): *Smut and Allied Fungi of Wales, A Guide, Red Data List and Census Catalogue*, Penyrangor, Aberystwyth, 58. p. (ISBN 978-0-9565750-2-9)

## 9. Táblázatok és ábrák jegyzéke

### 9.1 Táblázatok

1. táblázat: *A vizsgálatban szereplő minták adatai*, 17.o.
2. táblázat: *A Ficaria verna gazdanövényt fertőző kórokozók spóráinak méretei*, 27.o.
3. táblázat: *A B07 és B37 minta mért értékei*, 28.o.
4. táblázat: *A B03 és B43 minták teleutospóráinak mérete*, 30.o.
5. táblázat: *A lemért spórák morfológiai tulajdonságainak összesítése*, 32.o.

### 9.2 Ábrák

1. ábra: A spórák gyűjtése Eppendorf csőbe (Fotó: Szendrei, 2023), 19.o.
2. ábra: *Ficaria verna* növényt fertőző rozsdagomba spóráinak tárgylemezre helyezése (Fotó: Kiss, 2024), 20.o.
3. ábra: *Scilla siberica* növényt fertőző rozsdagomba teleutotelepei (Fotó: Szendrei, 2023), 23.o.
- 4.-5. ábra: *Ficaria verna* növényt fertőző rozsdagombák telepei (Fotó: Szendrei, 2023), 24.o.
- 6.-7. ábra: *Ornithogalum umbellatum* leveleit borító rozsdatelepek (Fotó: Szendrei, 2023), 25.o.
8. ábra: Ecídiumok *Anemone* spp. levelének fonáki oldalán (Fotó: Szendrei, 2023), 25.o.
- 9.-10. ábra: Üszöggomba tünete *Anemone* spp. levélnyelén és levelén (Fotó: Szendrei, 2023), 26.o.
11. ábra: *Uromyces* sp. (B19) teleutospórái 400× nagyítás (Fotó: Szendrei, 2024), 27.o.
12. ábra: *Uromyces* sp. (B37) uredospórái mikroszkóp alatt, 400x nagyítás (Fotó: Kiss, 2024)
13. ábra: *Puccinia* sp. (B42) teleutospórái, 600x nagyítás (Fotó: Szendrei, 2024), 29.o.
14. ábra: *Puccinia* sp. (B38) teleutospórái mikroszkóp alatt, 600x nagyítás (Fotó: Kiss, 2024), 29.o.
15. ábra: *Puccinia* sp. (B43) teleutospórái, 600x nagyítás (Fotó: Szendrei, 2024), 30.o.
16. ábra: *Puccinia* sp. (B39) uredospórái és teleutospórája, 400x nagyítás (Fotó: Kiss, 2024), 31.o.
17. ábra: *Urocystis* sp. (B14) teliospórái melléksejtekkel mikroszkóp alatt, 400x nagyítás (Fotó: Szendrei, 2023), 31.o.

18. ábra: Az NCBI adatbázis találatai (legnagyobb egyezés) a B10- es izolátum azonosítása során, 32.o.

19. ábra: A B04, B12, B16 izolátumok dendrogramja az ITS régió szekvenciárészlete alapján (Tóth és Szendrei, 2024), 33.o.

20. ábra: A B05, B38, B39-es izolátumok dendrogramja az ITS régió szekvenciárészlete alapján (Tóth és Szendrei, 2024), 34.o.

21. ábra: A B14 izolátum dendrogramja az ITS régió szekvenciárészlete alapján (Tóth és Szendrei, 2024), 34.o.

# NYILATKOZAT

## a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kiss Noémi  
A Hallgató Neptun kódja: EKY6RU  
A dolgozat címe: *Geophyta* dísnövényeken előforduló bazídiumos gombák vizsgálata  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Növénykórtani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

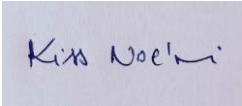
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Budapest, 2024. 10. 31.



Hallgató aláírása

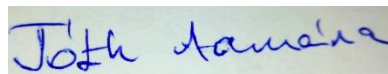
## NYILATKOZAT

Kiss Noémi (hallgató Neptun azonosítója: EKY6RU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>3</sup>

Kelt: Budapest, 2024.10.30.



---

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendó.

## NYILATKOZAT

Kiss Noémi (hallgató Neptun azonosítója: EKY6RU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>4</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**<sup>5</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>6</sup>

Kelt: Budapest, 2024.10.30.



---

belső konzulens

---

<sup>4</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>5</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>6</sup> A megfelelő aláhúzendó.